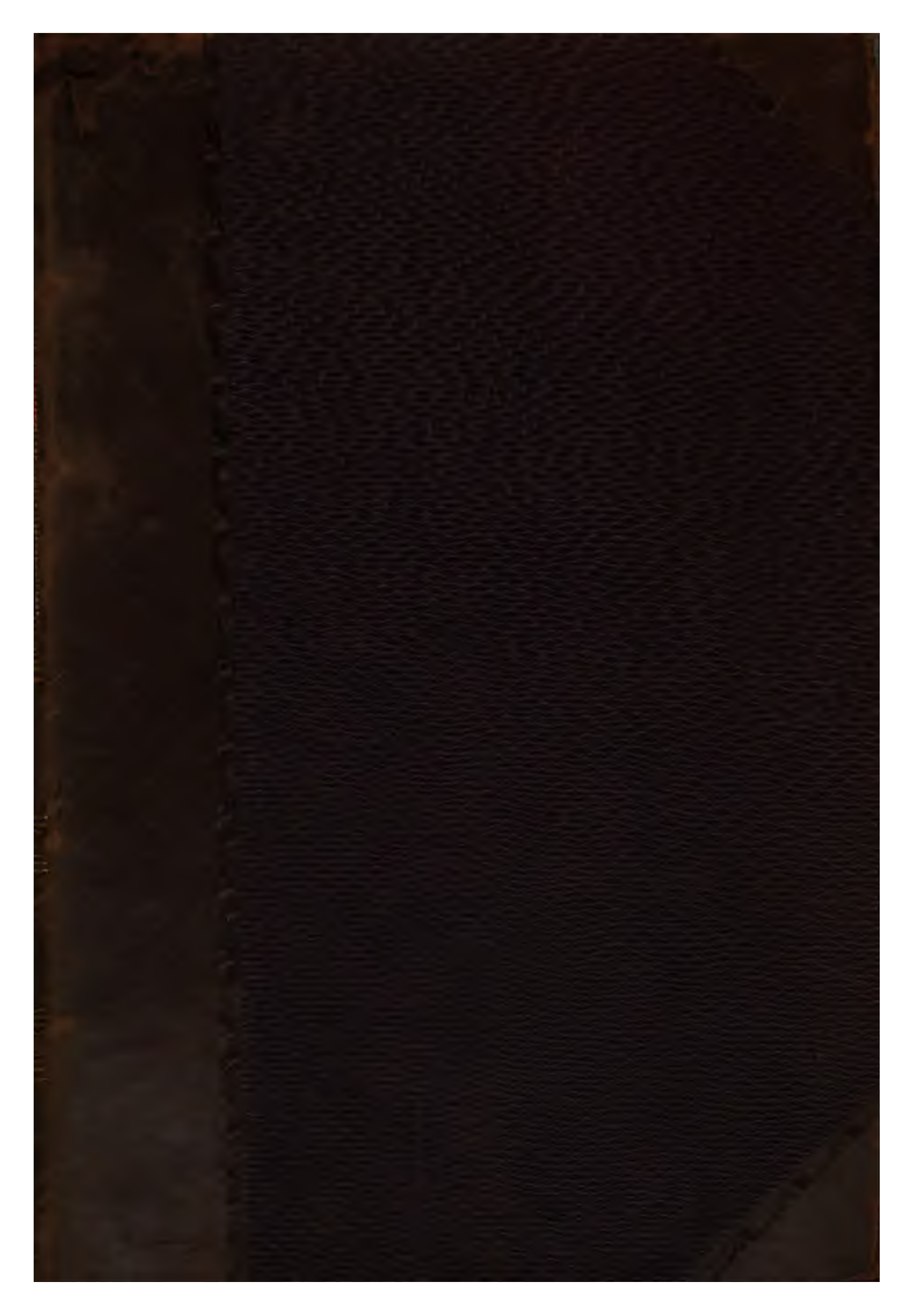




VERGLEICHEND-PHYSIOLOGISCHE STUDIEN.

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

VON

Dr. C. FR. W. KRUKENBERG.

ERSTE REIHE IN FÜNF ABTHEILUNGEN.

MIT 15 HOLZSCHNITTEN UND 12 TAFELN.

HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1881.

VERGLEICHEND-PHYSIOLOGISCHE STUDIEN

AN DEN

KÜSTEN DER ADRIA.

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

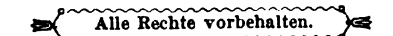
VON

Dr. C. FR. W. KRUKENBERG.

ERSTE ABTHEILUNG.

MIT VIER HOLZSCHNITTEN UND ZWEI TAFELN.

HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1880.


Alle Rechte vorbehalten.

„L'étude des êtres inférieurs est surtout utile à la physiologie générale, parce que chez eux la vie existe à l'état de nudité pour ainsi dire."

Cl. Bernard, Leçons sur les phénomènes de la vie etc. I. 1878. p. 151.

„Es besteht eine innere Uebereinstimmung in der ganzen Reihe der lebendigen Erscheinungen, und gerade die niedrigsten Bildungen dienen uns oft als die Erklärungsmittel für die vollkommensten und am meisten zusammengesetzten Theile. Denn gerade in dem Einfachen und Kleinen offenbart sich am deutlichsten das Gesetz."

R. Virchow, Cellularpathologie. 4. Aufl. S. 574.

Als ich vor zwei Jahren meine ersten vergleichend-physiologischen Untersuchungen über die Verdauungsvorgänge niederschrieb, geschah es in der Hoffnung, die Ergebnisse meiner Forschung im Laufe der Zeit zu einem einheitlich wissenschaftlichen Ganzen verknüpfen zu können.

Bei den hier mitgetheilten Studien, welche die Fortsetzung dieser Arbeiten bilden, wurden zum ersten Male die Combinationsvergiftungen angewendet, um über die Organisationsverhältnisse bei Wesen schlüssig zu werden, welche bislang ihrer Undurchsichtigkeit oder ihrer weichen, zerfließlichen Körperbestandtheile wegen der Anwendung anderer Untersuchungsmethoden gespottet haben.

Ich halte es für meine Pflicht, außer meinen hochverehrten Lehrern hier noch besonders dem gegenwärtigen Director der k. k. zoologischen Station zu Triest Herrn Professor Dr. *C. Claus*, welcher mich mit Rath und Empfehlung so freundlich unterstützte, meinen innigsten Dank zu sagen.

Königslutter i. Herzogth. Braunschw., 24. Juni 1879.

Krukenberg.



Der Mechanismus des Chromatophorenspieles bei Eledone moschata[1]).

Wer einige Zeit seine Aufmerksamkeit den seltsamen Lebensäußerungen der Dintenfische widmet, aus ihren Thun und Treiben ihre Empfindungen zu entziffern sich bemüht, wird wohl sehr bald sein besonderes Augenmerk dem eigenthümlichen Wechsel ihres Farbenkleides zuwenden und aus ihm die Affecte, das Befinden dieser Thiere zu erschließen versuchen. So auffällig ist bei den Cephalopoden der Zusammenhang, welcher zwischen activem Wollen und der Körperfarbe besteht, das Eine meist ein so getreues Spiegelbild des Anderen, daß jeder Beobachter von selbst auf den Gedanken kommen muß, aus der Hautfarbe der Dintenfische den Zustand ihres Allgemeinbefindens abzuleiten. Und in der That gelingt das nicht weniger sicher, als durch den Anhalt, den die Stimmen, das Mienenspiel und die Bewegungen ganzer Muskelgruppen bei den höher organisirten Thieren uns bieten.

Klemensiewicz[2]) kam zuerst auf den glücklichen Gedanken, diese vielfach vor ihm gemachten Beobachtungen experimentell

[1]) Die für meine Auffassungen maßgebenden toxicologischen Versuche sowie die allgemeinen Resultate dieser Arbeit habe ich bereits am 16. April d. J. in einem experimentellen Vortrage, welchen mehrere angesehene Forscher zu meiner Freude mit ihrer Gegenwart beehrten, den Mitgliedern der Società Adriatica di scienze naturali zu Triest vorführen können.

[2]) *Klemensiewicz*, Beiträge zur Kenntniß des Farbenwechsels der Cephalopoden. Sitzungsb. d. k. k. Acad. d. Wiss. zu Wien. Bd. 78. III. Abth. 1878. Juniheft. Die einschlägigen früheren Arbeiten, welche für uns Bedeutung haben, sind in dieser Abhandlung sämmtlich verzeichnet, und auf sie sei

präciser zu formuliren, und seine Reizversuche an den einzelnen Theilen des Centralorganes von Eledone moschata haben uns gelehrt, daß von bestimmten Partieen der Ganglia optica und der Pedunculi, sowie von dem mittleren und oberen Theile der Commissura optica aus sich die Chromatophoren isolirt erregen lassen.

Da nun sowohl die Beobachtungen an lebenden Thieren wie die experimentelle Verfeinerung derselben durch Reizversuche am Centralorgane zu der Annahme berechtigten, daß das Farbenspiel, das Kommen und Gehen des Pigmentes in der Cephalopodencutis von dem Willen des Thieres abhängig sei, erübrigte es, die nervösen Stränge und die contractilen Elemente nachzuweisen, durch welche der Schlundring mit den Pigmentkörpern verbunden zu denken war. Durch zahlreiche histologische Untersuchungen wurden die Lösungen dieser Fragen angestrebt. Contractile Fasern, welche sich am Pigmentkörper inseriren, wurden zweifellos nachgewiesen (*Kölliker*, *Harleß*, *H. Müller*, *Boll* etc.), ein Zusammenhang dieser Muskelstreifen mit nervösen Fasern konnte jedoch nicht beobachtet werden. Auch wurde durch den Befund der Radiärfasern nur das Expansions- nicht das Contractionsvermögen der Chromatophoren verständlich gemacht. Ein Sphinktermuskel, wie er z. B. die Verengung der Pupille am menschlichen Auge versieht und immerhin auch bei der Contraction der Chromatophore be-

deßhalb in Betreff der Literaturangaben verwiesen. Noch werthvoller ist zwar das von *G. Seidlitz* (Beiträge zur Descendenz-Theorie. Leipzig, 1876) gegebene Literaturverzeichniß; es enthält eine sehr sorgfältige Zusammenstellung der über den Farbenwechsel bei Reptilien, Amphibien, Fischen, Krustern und Mollusken erschienenen Schriften. Einige Versuche über den Farbenwechsel bei Octopus stellte vor Kurzem *L. Fredericq* (Sur l'organisation et la physiologie du Poulpe. Bull. de l'Açad. roy. de Belgique. T. 46) an. Auf die beweglichen Farbzellen oder Chromatophoren bei Gastropoden machte in letzter Zeit besonders *Leydig* (Arch. f. Naturgesch. 42. Jahrg. 1876. S. 236) aufmerksam. Auch über den Farbenwechsel bei Insecten enthalten *Leydig*'s neuere Aufsätze viele sehr beachtenswerthe Notizen.

theiligt sein konnte, wurde vermißt, und man erklärte deßhalb das Verschwinden der Farbe durch die Annahme einer elastischen Wandung des Pigmentsackes *(Harleß, Brücke)*, durch die elastische Kraft des die Pigmentkörper umgebenden Zellenkranzes *(Boll, Klemensiewicz)* oder durch ein actives Contractionsvermögen des Chromatophorenprotoplasmas *(R. Wagner, Harting, Waldeyer)*. Aber angenommen, es sei auch jetzt durch die von *Colasanti* und *Klemensiewicz* ausgeführten Reizversuche an isolirten Nervenstämmen (Arm- und Mantelnerven) die Verbindung der Nerven mit den Muskelstreifen des Pigmentkörpers außer Frage gestellt und so die Expansion der Chromatophore auf geläufige Vorstellungen zurückgeführt, so wartet doch noch immer eine wichtige, ich möchte behaupten, die sonderbarste Erscheinung, welche an den todten Thieren, an abgelösten Hautfragmenten derselben Jedem nothwendig auffallen mußte, ihrer Erklärung.

Wennschon ich mich nach meinen eigenen Beobachtungen für überzeugt halte, daß die Angaben, nach welchen die Verschiedenheiten und der Wechsel der Hautfarbe bei den Dintenfischen auf den Einfluß des Lichtes, auf die Färbung des Untergrundes zurückgeführt werden *(Chenu, Ratzel, Kollmann etc.)*, jedenfalls durch thatsächlich Beobachtetes nicht genügend gestützt sind, so erachte ich es andererseits für bewiesen, daß das Chromatophorenspiel wenigstens der mir zu Gesicht gekommenen Cephalopodenarten vom Centralapparate aus beeinflußt wird, und daß dieser Einfluß für gewöhnlich uns fast ausschließlich am lebenden Thiere zur Wahrnehmung gelangt. Warum, so frage ich aber, überdauert das Chromatophorenspiel oft viele Stunden lang den Tod des Thieres, warum bemerkt man an abgetrennten, in Meerwasser aufbewahrten Hautstücken das Erscheinen und Verschwinden der Färbung selbst ohne nachweisbare stärkere Reize, und warum tritt ein momentanes Dunkelwerden an diesen auch weit außerhalb der direct gereizten Hautstelle ein, wenn der electrische

Strom hindurchgesendet oder ein chemischer Reiz ihr applicirt wird? Nach *Klemensiewicz*, dem auch die Bedeutung dieser Erscheinungen nicht entgehen konnte, kann man nur Vermuthungen darüber haben, ob die in Folge directer Hautreizung erfolgende Expansion von Chromatophoren, welche, wie er richtig bemerkt, auch nach Abtrennung der Verbindung derselben mit dem Centralorgane bestehen bleibt, als eine directe Erregung der Chromatophoren und ihrer Nerven aufzufassen ist, oder ob auch hier ein reflectorischer Vorgang, wie er ihn vom Opticus und von den motorischen Centren der unteren Hälfte des Schlundringes aus erfolgend als wahrscheinlich annimmt, im Spiele ist. *Harleß* (und ebenso äußert sich *Boll*) meinte, daß die Expansion in der Regel deßhalb über größere Gruppen verbreitet sei, weil sehr häufig 6—10 Chromatophoren so mit einander in Verbindung stehen, daß von Einer zur Anderen contractile Fäden ausgespannt sind, bei deren Contraction die mit einander verbundenen gleichzeitig expandirt werden müssen.

Es kann von mir erst an einer späteren Stelle versucht werden, diese Fragen ihrer Lösung näher zu führen; sie mußten aber schon hier berührt werden, um die Ansichten einiger anderer Forscher in einem milderen Lichte erscheinen zu lassen. Wir können uns nicht gerade wundern, wenn wir zu einer Zeit, wo weder die Ursache der Contraction des Pigmentkörpers bekannt, noch die Ursache der durch electrische, mechanische oder chemische Reizung hervorgerufenen Bräunung, welche man fast momentan an den isolirten Hautstücken der Eledone selbst in Bezirken auftreten sieht, welche von der Reizstelle sehr entfernt liegen, irgendwie klargestellt ist, bewährte Biologen an den sicheren Befunden der Radiärfasern zweifeln und die Ursache des Farbenwechsels der Cephalopoden auf Lebensäußerungen protoplasmatischer Gebilde beziehen sehen. Beweise für die Annahme dieser protoplasmatischen Contractilität des Chromatophorenkörpers

wurden zwar ebenso wenig geliefert als für die directe Verbindung der Radiärfasern mit den nachweisbaren Nervenstämmen; als Idee verdient aber jedenfalls auch diese Ansicht unsere volle Berücksichtigung.

Soweit waren unsere Kenntnisse von dem Mechanismus des Chromatophorenspieles vorgeschritten, als ich im März d. J., um über die Wirkungsweise einiger Gifte auf die Mollusken in's Klare zu kommen, meine Zuflucht zu den Cephalopoden nehmen mußte.

Meine vergleichend toxicologischen Studien an Landevertebraten hatten mich hinreichend belehrt, daß toxicologische Untersuchungen mit Erfolg vorerst nur intensiv nicht extensiv betrieben werden können, daß die auf eine einzige Species beschränkte, eingehende Untersuchung für die Wissenschaft oft sehr fruchtbringend werden kann, während die Ausführung weniger Versuche selbst an nahe verwandten Arten meist mehr Verwirrung als wie Klarheit schafft.

Mehrere Gründe bestimmten mich, aus der Zahl der hier in Triest mir zu Gebote stehenden Cephalopodenarten die Eledone moschata auszuwählen, und später zeigte sich wiederholt, wie günstig der Griff gewesen war, zu dem mir meine Ueberlegung und das Glück verholfen hatten. Ich bin weit davon entfernt, die von mir bei Eledone moschata erhaltenen Ergebnisse ohne Weiteres als gültig für die ganze Cephalopodenklasse zu erklären; ich werde vielmehr Gelegenheit nehmen, durch Mittheilung einiger später von mir an Sepia officinalis gewonnener Resultate darzuthun, daß bei verwandten Formen die Verhältnisse unzweifelhaft andere und die Giftwirkungen bei Sepia viel schwerer einer Erklärung zugängig sind als die Erscheinungen, welche die gleichen Gifte an Eledone hervorrufen.

Meine Versuche habe ich in der Weise gruppirt, daß zuerst die Chininwirkung, welche lediglich centraler Natur zu sein scheint,

besprochen und interpretirt wird; dann die Wirkung der ganglionären Gifte erörtert und schließlich zu den Muskelgiften übergegangen wird. Gifte, welche das Leitungsvermögen der Nervenfasern alteriren, sind bis jetzt ganz unbekannt; Gifte, welche ausschließlich (wie das Curare bei Wirbelthieren, Würmern und Cölenteraten) motorische Nervenendapparate lähmen oder in Erregung versetzen, für Mollusken nicht aufgefunden.

Die von *Steiner*, *Heckel* u. A. geübte Methode, die Giftlösungen auch bei kleineren Wirbellosen, wo man selbstverständlich ganz im Dunkel arbeitet, mittelst der *Pravaz*'schen Spritze zu injiciren, ist aus mehreren Gründen nicht vorwurfsfrei und führt bei Eledone, wo an der Einstichsstelle als nichtspecifische Giftwirkung meist auch tiefgreifende Zerstörungen der Gewebe eintreten, nicht zu reinen Resultaten. Deßhalb setzte ich die flüssigen (Nicotin) oder als Salze leicht löslichen (Atropin, Veratrin, Chinin) Gifte direct dem stets ganz frischen Meerwasser zu, die schwerer löslichen (z. B. Strychnin, Curare) wurden *lege artis* in einer hinreichenden Menge von Meerwasser entweder bei gewöhnlicher oder höherer Temperatur gelöst und die (erwärmte) Giftlösung (nach dem vollkommenen Abkühlen), durch anhaltendes Schütteln luftreich gemacht, einer größeren Quantität frischen Meerwassers hinzugefügt.

Die erhaltene Wirkung ist in allen zu beschreibenden Fällen nur die des angewandten Giftes; denn erst, wenn der Kochsalzgehalt des Meerwassers um mehrere Procente künstlich gesteigert wird, macht sich ein Unbehagen an den Eledonen geltend. Ein solcher Concentrationsgrad wird, wie sich aus dem Folgenden ergibt, aber von keiner der angewandten Giftlösungen auch nur annähernd erreicht. Nur für Nicotin und Strychnin habe ich das Minimum der sich wirksam erweisenden Gaben zu bestimmen mich bemüht. Schon deßhalb, weil das Gift durch Körpertheile von sehr verschiedenem Resorptionsvermögen aus dem

umgebenden Wasser aufgenommen werden konnte, waren einigermaßen genaue Zeitangaben über den Eintritt der Wirkung kaum zu erzielen, und überdieß würde man den mühevollen und unsicheren Bestimmungen der Dosen für unseren Zweck, wo der durch sein constantes, sicheres Eintreten überraschende Effect besonders interessirt, nur eine untergeordnetere Bedeutung zugestehen. Die Versuche wurden in kleinen Glasaquarien, welche 2—5 Liter Flüssigkeit faßten, angestellt, und die Füllung derselben war demnach bedeutend genug, um Respirationsstörungen aus Sauerstoffmangel während der Dauer der Versuche zu verhindern.

I. Die centrale Lähmung durch Chinin.

Nach *C. Binz*[1]) wirkt das Chinin in auffallend kleinen Mengen toxisch und letal auf die niedrigsten Organismen. So sah *Binz* Paramæcien und Colpoden in einer neutralen Chininlösung von 1 : 800 sofort absterben, bei einer Verdünnung von 1 : 2,000 in einigen Minuten, bei 1 : 20,000 in einigen Stunden, nachdem schon binnen kurzer Zeit die Zeichen begonnener Lähmung eingetreten waren. 1 : 200 salpetersaures Strychnin wurde hingegen einige Minuten ertragen, und salzsaures Morphin von 1 : 120 wirkte noch nicht in einer Stunde tödtlich. Ganz ähnlich verhielten sich dem Chinin gegenüber die stärkeren Vibrionen, Spirillen, Bacterien und die Infusorien des Strandes (Bacillaria paradoxa, Navicula, Nitzschia). Auch machte *Binz* zuerst die später von vielen Seiten bestätigte Beobachtung, daß die Protoplasmabewegungen der weißen Blutkörperchen außerhalb des lebenden Organismus durch neutrale Chininlösungen noch bei einer Verdünnung von

[1]) *C. Binz.* Ueber die Einwirkung des Chinin auf Protoplasmabewegungen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. III. S. 383—389. — Experimentelle Untersuchungen über das Wesen der Chininwirkung. Berlin, 1868. — Das Chinin. Berlin, 1875.

1:4000 aufgehoben werden. Ferner sah er Vorticella campanula, Actinophrys Eichhornii, Amœba diffluens, Spirostomum ambiguum, Stylonychia lanceolata etc. in schwachen Chininlösungen gleichfalls bald zu Detritus zerfließen. Ich konnte durch oft wiederholte und vielfach variirte Versuche feststellen, daß Turbellarien (Polycelis) gegen das Chinin nicht weniger empfindlich sind als die Infusorien, während Würmer (Hirudo), Medusen (Turris) und Actinien (Sagartia) ihm ungleich besser widerstehen. Nach 30—40 Minuten fand ich Polycelis in einer neutralen salzsauren Chininlösung von 1:10,000 regelmäßig abgestorben und durch eingetretene Gerinnungen im Körperparenchym undurchsichtig geworden; selbst in einer Chininlösung von 1:100,000 starb die Turbellarie nach wenigen Stunden, während sie in einer gleich großen Menge Wassers (etwa 20 Gramm) tagelang vollkommen munter blieb. Trotzdem *Binz* bei Amœben einer Saline, ganz abweichend von seinen übrigen Erfahrungen, eine enorme Resistenz gegen Chinin bemerkte, so wird man ihm doch wohl im Allgemeinen beistimmen können, wenn er das Chinin als „allgemeines Protoplasmagift" bezeichnet.

An diese Ergebnisse toxicologischer Studien durfte man die Erwartung knüpfen, daß sie uns zu dem gewünschten Aufschlusse über die Bedeutung, den physiologischen Werth des Pigmentkörpers verhelfen würden; denn bestand derselbe wirklich, wie *Harting* und *Waldeyer* annahmen, aus protoplasmatischer Masse, dann stand zu erwarten, daß das Protoplasma der Chromatophore durch schwache Chininlösungen ebenso wie die freilebende Sarkode zum Absterben zu bringen sei, und zwar bevor andere Gewebe des Cephalopodenkörpers durch das Chinin mitverändert werden. Nichts würde leichter gewesen sein, als diesen Effect, wenn er rein erfolgt wäre, nachzuweisen. Er tritt jedoch in wahrnehmbarer Weise nicht ein; das Chinin wirkt aber auf die Eledone in einer anderen, zwar nicht weniger lehrreichen Weise.

Wenn die in eine salzsaure Chininlösung (1:500 diente meist zu meinen Versuchen) gesetzte Eledone sich beruhigt hat, dann verblaßt die fast regelmäßig zuerst aufgetretene Braunfärbung der Haut, die Chromatophoren ziehen sich mehr und mehr zusammen, die Körperfarbe wird heller, und nach kaum $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde ist bei günstigen Exemplaren der gesammte Körper weiß geworden. Keines von den braunen Sternchen, deren lebhaftes Gefunkel den Beobachter noch an der todten Eledone erfreut, blitzt an der weißen Hautdecke auf, obgleich doch die Arme sich noch kräftig bewegen, und auch die Athmung, zwar sehr verlangsamt, nicht erloschen ist. Die Tendenz zum Weißwerden ist ganz constant, die Intensität und der Umfang der durch das Chinin erzeugten Veränderung unterliegen in den einzelnen Fällen einem zwar nur geringen, aber wahrnehmbaren Wechsel.

Weshalb wird die Eledone in dieser schwachen Chininlösung so vollkommen weiß? Untersuchen wir, wie sich ein frisches Hautstück, das wir soeben einer lebenden Eledone aus dem Rückentheile des Mantels geschnitten haben, gegen eine Chininlösung verhält, in welcher ein lebendes Thier in wenigen Minuten weiß geworden ist. Wir theilen zu diesem Zwecke das Hautstück in drei Theile von gleicher Güte; das eine Drittel legen wir in die Chininlösung (1 : 500), das zweite in reines Meerwasser und das dritte in destillirtes Wasser. Wir lassen die Hautstücke mehrere Stunden in den Flüssigkeiten liegen. Ich habe diese Versuchsreihen wiederholt ausgeführt; es ist aber unmöglich, aus den schwankenden Befunden ein sicheres Urtheil darüber zu gewinnen, ob der Chininlösung eine Wirkung auf die Gewebselemente der Chromatophorenschicht überhaupt zukommt oder nicht; jedenfalls ergibt sich, daß wir an der Hand dieser sehr unbestimmten Ergebnisse unserer Versuche über das Verhalten des Chinins zu den peripheren Theilen des Cephalopodenkörpers nicht die rapide Wirkung auf die lebende Eledone er-

klären können, und wir werden allein schon durch den unsichern Effect des Chinins auf die peripheren Theile zu dem Gedanken an eine centrale Wirkung hingeleitet. Auch gelingt es in der That, durch electrische Reizung des Schlundringes bei einer Eledone, deren Chromatophoren man vorher durch Chinin zur Contraction gebracht hat, momentan eine complete Bräunung der Haut hervorzurufen, und in Verbindung mit der Thatsache, daß sich an den durch Chinin weiß erhaltenen Eledonen die Chromatophoren nie wieder selbständig ausdehnen, beweist dieser Versuch, daß bei Eledone moschata durch Chinin eine Lähmung gerade des Centraltheiles bewirkt wird, von welchem die dem Willen unterworfenen Erregungen der Chromatophorennerven ausgehen. Noch weitere, nicht weniger eclatante Beweise lassen sich für die Richtigkeit dieser Anschauung beibringen, auf welche aber erst unten aufmerksam gemacht werden kann. Es verhält sich die chinisirte Eledone genau wie diejenige, welcher *Klemensiewicz* beiderseits die Pedunculi durchschnitten hatte. Directe Reizung der Haut bewirkt in beiden Fällen eine Verdunklung derselben, und die nach beiden ganz verschiedenen Methoden operirten Thiere lassen sich mehrere Stunden am Leben erhalten.

Der Zustand der Chromatophoren einer mit Chinin vergifteten Eledone erinnert äußerlich sehr an das durch Digitalin in systolischen Stillstand versetzte Froschherz. Auf einen einmaligen Reiz erfolgt eine einmalige, sich auf benachbarte Bezirke verbreitende Contraction der Radiärfasern, deren Ausdruck die Braunfärbung der Haut ist. Das Contractionsvermögen der Chromatophoren ist ebensowenig wie bei dem Digitalinherzen erloschen; es fehlt aber hier wie dort der Expansionsimpuls. Nur dieser braucht künstlich geschaffen zu werden, um den durch die Elasticität oder Contractilität der Chromatophoren gesetzten Widerstand zu überwinden; denn auch die Radiärfasern erweisen sich, wie ich schon bemerkte, als intact. Es sind dieselben noch,

wie wir später erfahren werden, nicht nur direct, sondern auch von nervösen Apparaten aus, zur Contraction zu bringen.

II. Die peripherischen Nervengifte.

Mehrere Alkaloïde besitzen die Eigenschaft, nicht nur, wie das Chinin, die Körperfärbung am lebenden Thiere zu beeinflussen, sondern auch den kleinsten mit dem Centralorgan außer Verbindung gesetzten, vom übrigen Körper losgetrennten Hautfragmenten ein ganz bestimmtes Colorit zu verleihen.

Die Stoffe dieser Gruppe, welche wir, wie sich zeigen wird, als periphere Gangliengifte bezeichnen können, üben stets den gleichen Effect auf die Chromatophoren aus; es ist ohne Bedeutung, ob wir sie von dem lebenden Thiere durch resorbirende Hautflächen aufnehmen lassen, ob wir sie ihm subcutan injiciren, oder ob wir die abgelösten Hautstücke mit den Giftlösungen betupfen. Stets erfolgt ein und dieselbe für das angewandte Gift charakteristische Färbung der Haut. Am Reinsten äußert sich die Wirkung dieser Stoffe, zu denen das Nicotin, das Atropin, das Strychnin und zweifelsohne noch eine große Anzahl anderer daraufhin noch nicht näher untersuchter Alkaloïde gehören, an den frischen tangentialen Hautschnitten. Vielleicht ruft der einfache Contact mit dem Wasser an dem bloßgelegten Cutisgewebe schon ein Absterben der Pigmentflecke hervor, und es erklären sich so die meist unreinen Resultate der Injection, deren früher bereits gedacht wurde.

Keinem einzigen dieser Stoffe scheint aber ein Effect auf die peripheren Theile ausschließlich zuzukommen. Alle scheinen gleichzeitig auch eine centrale Wirkung auszuüben, welche oft zwar erst in einem späteren Stadium oder nach größeren Dosen deutlicher hervortritt.

Wenn wir den durch die Substanzen dieser Gruppe an den Chromatophoren bedingten Wechsel allein berücksichtigen und den störenden Einfluß außer Acht lassen, welcher die centralen

oder die bei dem Farbenwechsel unbetheiligten Apparate trifft, dann ist der Antagonismus, welcher zwischen der Nicotin- einerseits und der Strychnin- wie Atropinwirkung andererseits besteht, nicht weniger vollkommen als der, den das Muscarin und das Atropin an den Ganglien des Oculomotorius und des Herzens bei den höheren Thieren äußern.

Die Versuche an isolirten Hautstücken lehren, daß die Wirkung dieser Stoffe auf das Chromatophorenspiel eine local beschränkte ist; und zwar bewirkt das Nicotin eine Contraction der Radiärfasern (Bräunung der Haut), das Strychnin und das Atropin hingegen eine Lähmung derselben im erschlafften Zustande. Da jeder Lähmung eines Organes meist ein kurzer Reizzustand vorausgeht, so tritt die specifische Wirkung des Atropins und Strychnins erst nach einiger Zeit (wenige Secunden) deutlich hervor, während die Nicotinwirkung momentan erfolgt. Von der rein localen Wirkung dieser Gifte überzeugt man sich am Besten dadurch, daß man Hautstücke oder den ganzen Mantel von frisch getödteten Eledonen zur Hälfte der Giftwirkung, zur Hälfte einer feuchten Atmosphäre aussetzt. Der mit dem Gifte in Berührung gestandene Theil hat in Kurzem die für die Giftwirkung charakteristische Färbung angenommen; er hat sich gebräunt in der Nicotin- und ist in der Atropin- und Strychninlösung vollständig weiß geworden. Es ist mir oft gelungen ein und dasselbe Hautstück fünfmal abwechselnd weiß und braun zu machen, indem ich es bald in Strychnin- oder Atropin- bald in Nicotinlösung legte. Hat der Wirkungsgrad zwar einen gewissen Punkt überschritten, so bedarf es längerer Zeit, um durch das correspondirende Gift den entgegengesetzten Effect hervorzurufen; es kann der Umfärbungsversuch dann auch ganz versagen, da so tief greifenden Veränderungen ein Gewebe, in dem fast alle Circulation stockt, auf die Dauer hin nicht gewachsen sein kann. Besonders wenn das Gift längere Zeit eingewirkt hat, bemerkt

man nicht selten bei diesen Combinationsvergiftungen einen Farbenwettstreit. Es tritt alsdann ein reger Farbenwechsel auf, der auf die combinirte Wirkung des Nicotin einerseits, des Strychnin oder Atropin andererseits bezogen werden muß und unzweifelhaft dadurch zu Stande kommt, daß bald das Nicotin, bald das antagonistisch wirkende Gift die Oberhand gewinnt. Außerordentlich rapide ist dieser Farbenwettstreit bei großen Exemplaren von Sepia officinalis. Setzt man die Sepia, der man durch Strychnin ein weißes Colorit gegeben hat, in eine sehr verdünnte Nicotinlösung, so sieht man dieses Farbenspiel in wunderbarer Schönheit. Die Fülle und Pracht der Farben, das momentane Aufblitzen der Pigmentkörper an dieser, ihr spurloses Verschwinden an jener Stelle überbieten bei Weitem das wechselvolle Bild, welches an den lebensfrischen Cephalopoden auf den Beschauer so anziehend einwirkt.

Es genügen äußerst geringe Quantitäten der Gifte, um diese Effecte zu erzielen. So bräunte sich die Haut von Eledone fast noch momentan in einer Nicotinlösung von **1:100,000** und erblaßt in einer Strychninnitratlösung von **1:40,000** innerhalb weniger Secunden. Lösungen von gleicher Concentration dienten mir auch zu den mitgetheilten Versuchen an Sepia. Vom Atropin bedarf es sicherlich ebenfalls nur sehr geringer Mengen. Eine 2 h. 18 min. in Atropinsulfatlösung von **1:1000** gesetzte lebende Eledone war bereits 2 h. 29 min. vollständig weiß geworden, und isolirte Hautstücke erblaßten darin noch viel früher.

Der electrischen Reizung des Centralorganes folgt bei vorausgegangener Atropinvergiftung (abweichend von den Chininversuchen) keine Braunfärbung der Haut, was wiederum beweist, daß die Atropinwirkung eine periphere ist. An strychnisirten Eledonen erhielt ich bisweilen auf eine centrale Reizung durch den Inductionsstrom eine ausschließliche momentan eintretende Bräunung der Arme und des Kopftheiles, während der Mantel

weiß blieb. Alles scheint mir aber dafür zu sprechen, diesen meinen sonstigen Erfahrungen über die Strychninwirkung auf die Chromatophoren theilweise widersprechenden Erfolg auf ein von der Regel abweichendes Innervationsverhältniß zu beziehen.

Durch einen einstündigen Aufenthalt in einer salzsauren Chininlösung (1 : 500) war eine Eledone getödtet; die Chromatophoren hatten sich contrahirt, alle Körperstellen des Thieres waren weiß. Die Cutis wurde abgelöst und in drei Stücke zerlegt. Das Eine legte ich in eine Atropin- (1 : 200), das Zweite in eine Strychnin- (1 : 250), das Dritte in eine Nicotinlösung (1 : 200). Die nebenhergehenden Controlversuche mit den frischen Hautstücken von unvergifteten Eledonen bewiesen mir, daß sich die der chinisirten Eledone entnommenen Hautstreifen ganz normal verhielten. Sie wurden in der Atropinlösung momentan braun, bald darauf aber wieder weiß; im Strychnin blieben sie weiß und im Nicotin wurden sie braun. Die braunen Hautstücke einer durch Nicotin getödteten Eledone werden in Atropin- und Strychninlösungen constant weiß, während die weißen eines durch Strychnin getödteten Thieres beim Einlegen in eine Atropinlösung anfangs ein wenig gebräunt, später aber wieder weiß werden und in der Nicotinlösung den Grad äußerster Bräunung annehmen, der sich meist stundenlang erhält. Die Hautstreifen der mit Atropin vergifteten Eledone verhalten sich ähnlich wie die der strychnisirten; nur mit dem Unterschiede, daß bei genügend hochgradiger Vergiftung das Einlegen derselben in Atropinlösung effectlos bleibt.

Diese Versuchsreihen mit den Hautstreifen der vergifteten Eledone sind weniger beweiskräftig als die anfangs referirten über den Erfolg der combinirten Vergiftung isolirter Cutisstücke von unvergifteten Thieren. Sie sind auch weniger sicher als Letztere, da der centrale Einfluß bei dieser Versuchsanordnung nicht ausgeschlossen bleibt, und sowohl dem Nicotin wie dem

Strychnin offenbar auch eine tiefgreifende Wirkung auf das Centralorgan zukommt. Die Convulsionen und die constant auftretende spiralige Einwärtskrümmung der Arme bei der Nicotin-, die tetanische Starrheit und Ausstreckung der Arme bei der Strychninwirkung bieten für diese Annahme die sichersten Anhaltspunkte.

Obgleich sich nur höchst wenige toxicologische Experimente an Sicherheit des Erfolges mit den Nicotin-, Atropin- und Strychninversuchen an den separirten Hautstücken messen können, obgleich ich mich nicht scheute, diese Versuchsreihen ohne vorsichtige Auswahl der Versuchsthiere wiederholt verschiedenen Forschern, ja einer größeren Versammlung vorzuführen, und der Experimentator dabei kein größeres Risico übernimmt, als wenn er uns die Muscarin- und Atropinwirkung auf das Säugerauge oder auf die Ganglien des Froschherzens vorführt, so darf doch nicht verschwiegen werden, daß die durch Nicotin erfolgte Bräunung nicht selten einem Abblassen und das durch Strychnin geschaffene Weiß bisweilen einer Bräunung Platz macht. Diese gewisse Inconstanz der Wirkung in den späteren Stadien, die daraus sich ergebende Unsicherheit in der Wirkungsdauer, die zwar nur geringe Nüancirung in der Intensität und der Ausdehnung des für das angewandte Gift typischen Colorites bei verschiedenen Versuchsthieren bieten aber die besten Stützen für die Erklärung der Wirkungsweise dieser Gifte.

Die Möglichkeit, daß es sich bei der Nicotin-; Atropin- und Strychninwirkung auf die Chromatophoren der Eledone lediglich um eine Veränderung am Centralorgan handelt, wird ohne Weiteres durch das Factum als unrichtig ausgeschlossen, daß wir dieselben Effecte an abgetrennten Hautstücken, und an diesen sogar noch in reinerer Form als an dem lebenden Thiere oder als am frischen Leichnam hervorbringen können. Nicht weniger leicht läßt sich beweisen, daß die Radiärfasern durch diese Alkaloïde nicht beeinflußt werden; wir können sie auf mehrfache Weise noch

in den Contractions- resp. Expansionszustand versetzen, sie sind vollkommen unversehrt. Sind die Radiärfasern erst gelähmt, was wir durch andere Stoffe in der That vermögen, dann können wir weder durch concentrirte Säuren und Alkalien, noch durch andere corrodirende Substanzen das Colorit der Hautdecke verändern. Wir verfügen aber über eine große Anzahl von Mitteln, um an den, sei es durch Strychnin oder Atropin, sei es durch Nicotin fixirten Chromatophoren den entgegengesetzten Zustand zu bewirken. Es gelingt das durch die Muskelgifte, welche später eine eingehendere Besprechung erfahren sollen, durch mechanische und electrische Reize.

Es ist somit der Beweis erbracht, daß das Nicotin, Strychnin und Atropin auf Elemente wirken, welche zwischen dem Centralorgane und den Radiärfasern eingeschaltet sind; möglicherweise könnten diese vom Centralorgan unabhängig functioniren, auf die Radiärfasern üben sie aber unzweifelhaft einen wahrnehmbaren Einfluß aus. Es ließe sich vorerst daran denken, daß die Nervenstämme selbst durch diese Gifte alterirt würden, und diese Vermuthung verdient um so mehr Berücksichtigung, als einerseits *Boll* (Arch. f. mikr. Anat. Bd. IV. Supplement. S. 19) darauf hingewiesen hat, „daß die Nervenfasern der Mollusken, wie ihr Verhältniß zur Ganglienzelle ergibt, als den Axencylindern der Wirbelthiere homolog betrachtet werden müssen“, und andererseits *Schmiedeberg* die Auffassung vertritt, daß das Nicotin bei den in dieser Hinsicht untersuchten Wirbelthieren auf die nackten Axencylinder wirkt. Mit dieser Deutung läßt sich aber bei Eledone die Thatsache nicht in Einklang bringen, daß der durch Nicotin erzeugte Zustand äußerster Erregung stundenlang anhält; der Nerv müßte aller Analogie nach viel früher ermüden, die Eledone durch die nothwendig auf den Reizzustand folgende Ermüdung der Nerven nach einer Stunde wenigstens erblassen. Würde man diese Auffassung weiterhin dadurch aufrecht erhalten

wollen, daß man die Nerven zu eigenen Centralorganen stempelt, dann bliebe immer noch zu untersuchen, wie weit diese Deutung gerechtfertigt, wie viel vom Nerven rein ganglionärer Natur ist, und wie viel von ihm nur der Fortleitung von Impulsen dient. Es wird deßhalb ziemlich auf's Gleiche hinauskommen, ob wir uns dieser Theorie anschließen oder die Wirkung des Nicotin, Strychnin und Atropin im Allgemeinen auf peripherische Ganglien beziehen, ohne deren Annahme wir diese Erscheinungen aber garnicht zu erklären vermögen. Man könnte mir zwar vorwerfen, daß es sich hier nicht um eine Wirkung auf ganglionäre Apparate, sondern einfach um eine Lähmung, resp. Erregung motorischer Nervenendapparate handle, in der Weise etwa, wie wir das Curare auf Wirbelthiere, Würmer, Medusen (Turris) und Actinien (Actinia, Anthea, Sagartia) wirken sehen. Doch niemals ist ein sicherer Befund, der diesem Einwande zur Stütze dienen könnte, in der Literatur von Histologen notirt und ferner ist nicht einzusehen, warum das Curare, vorausgesetzt es ließen sich einige Angaben in dieser Richtung deuten, auf diese unwirksam sein soll, da, soweit unsere Kenntnisse zur Zeit reichen, sich der specifischen Curarewirkung kein einziger der übrigen Typen des Thierreiches (von den Arthropoden muß abgesehen werden, da die Untersuchung auf geeignete Vertreter dieses Typus bislang nicht gerichtet war) zu entziehen vermag. Bei keinem Mollusken (Helix, Doris, Aplysia, Lithodomus, Mytilus, Eledone) konnte aber die typische Curarewirkung erzielt werden, und für mich ist das Grund genug, die Analogie der motorischen Nervenendigungen der Mollusken mit denen der Vertebraten, Würmer und Cölenteraten zu verneinen. Auch sei darauf hingewiesen, daß sich die Vertreter aller übrigen Thierclassen von einer Vergiftung einfacher motorischer Nervenendigungen leicht wiedererholen können; das Vergiftungsbild ist in allen Fällen, so verschieden die Thiere unter sich auch sonst organisirt sein mögen, ein so cha-

rakteristisches, daß es kaum mehr als der Beobachtung des vergifteten Thieres bedarf, um sich von der Unhaltbarkeit dieser Ansicht für Mollusken zu überzeugen. Keine von den der Nicotin-, Strychnin- oder Atropinwirkung unterworfenen Eledonen erholte sich wieder; trotz aller angewandten Cautelen gingen sie stets sehr bald zu Grunde.

Es liegen bereits mehrere andere Gründe für die Annahme peripherischer Ganglien bei Mollusken, ja selbst speciell für die Cephalopoden vor. Ich erinnere an den Hectocotylusarm, welcher sich längere Zeit selbständig zu bewegen vermag; ich erinnere an *Colasanti's* Untersuchungen (Archiv f. Anat. u. Phys. 1876, S. 494): Alles Thatsachen, welche ohne die Annahme peripherischer Ganglien unerklärbar bleiben. Und ebenso wie der Hectocotylus seiner Selbständigkeit wegen lange für eine besondere Thierform galt, geschah es mit den Papillen der Tethys fimbria s. leporina, welche sich in ihrem abgelösten Zustande noch tagelang bewegen und einen angesehenen Forscher in der jüngsten Zeit auf den Gedanken bringen konnten, sie möchten sich zum vollständigen Thiere regeneriren. Nicht weniger Bewegungsfähigkeit als die abgelösten Papillen der Tethys besitzen die mancher Aeolidier und sicherlich noch vieler anderer Molluskenformen.

Es dürfte, wenn wir meine fast an Gewißheit grenzende Theorie über die Nicotin-, Strychnin- und Atropinwirkung als richtig voraussetzen, jedenfalls interessant sein zu erfahren, welche Veränderungen ein electrischer Reiz an der durch Strychnin oder Atropin weiß gewordenen Haut hervorruft; denn jetzt, wo wir gelernt haben, die peripherischen Ganglien nach Belieben zu erregen und nach Belieben zu lähmen, dürfte uns wohl die Entscheidung der Frage leicht fallen, ob die Ausbreitung des Chromatophorenspiels von der irritirten Stelle aus auf die Nachbarschaft die Folge einer Verknüpfung der Pigmentkörper durch Radiär-

fasern ist, oder „ob hier auch ein reflectorischer Vorgang mitspielt“; denn ist die Auffassung von *Harleß* und *Boll* richtig, so müssen sich die durch Atropin oder Strychnin weiß gewordenen Hautstücke wie normale verhalten, handelt es sich jedoch bei der Ausbreitung der Reizwirkung auf die benachbarten Chromatophorenterritorien um einen reflectorischen, durch Ganglien vermittelten Vorgang, so darf durch die Contraction der direct gereizten Radiärfasern nur eine ganz locale Reizwirkung erfolgen. Das Experiment lehrt, daß die Ansicht von *Harleß* und somit auch die Beobachtungen dieses ausgezeichneten Forschers vollkommen richtig sind. Schickt man den Inductionsschlag durch die strychnisirten oder atropinisirten Hautschnitte hindurch, so sieht man auf weite extrapolare Strecken hin eine Bräunung der Haut auftreten, welche in den Fällen, wo die Radiärfasern selbst gelähmt sind, auf die Reizungsstelle beschränkt bleibt. Man hat sich aber die Sache nicht so vorzustellen, als ob die Contraction der Radiärfasern an der Reizstelle ausdehnend auf die benachbarten wirkte; denn auf diese Weise läßt sich die Ausbreitung der Braunfärbung unmöglich erklären. Diese kann nur dadurch zu Stande kommen, daß der Reiz durch die Muskeln selbst fortgeleitet wird, und daß sich die Radiärfasern jeder einzelnen Chromatophore selbständig zusammenziehen.

Es ist schwierig nach diesen Ergebnissen ein richtiges Verständniß für die physiologische Bedeutung der peripheren Ganglien zu gewinnen. Es scheint mir, daß durch ihre Vermittlung auch auf Reizung sensibler Hautnerven eine Bräunung der Oberfläche erfolgen kann, weil die durch den Inductionsstrom hervorgebrachte Bräunung an normalen Hautschnitten doch etwas extensiver ist als an den atropinisirten oder strychnisirten Stücken. Diese directe Erregung der Ganglien durch die Hautnerven ist aber unter normalen Verhältnissen jedenfalls äußerst gering, wie schon das constante Weiß der Haut an der chinisirten Eledone beweist,

oder wie aus demselben Effecte ersichtlich ist, den die Durchschneidung der Pendunculi hervorbringt. Wir müssen uns deßhalb die ganglionären Apparate mit den vom Centralorgan aus entspringenden Nervenfasern in Verbindung denken und nähern uns somit auch von diesem Gesichtspunkte aus einer Verallgemeinerung der Darstellung *Colasanti*'s.

Schon *Klemensiewicz* erwähnt bei Eledone die größeren Chromatophoren in der den Eingeweidesack umschließenden Hülle. Auch auf diese habe ich bei meinen Versuchen geachtet und kann berichten, daß sie sich gegen Atropin, Strychnin und Nicotin ganz wie die Chromatophoren der äußeren Haut verhalten. Von den Befunden an Eledone bemerkenswerth abweichende Resultate erhielt ich aber bei Sepia officinalis. Die Giftwirkungen äußern sich bei diesem Cephalopoden besonders an den Chromatophoren des Kopfes und an denen der inneren Theile, während sie an den Hautstücken über der Schulpe und am Mantelrande weniger deutlich hervortreten. Die durch die Gifte dieser Gruppe an Sepia erzielten Erfolge sind zwar leicht auf die für Eledone bekannten zurückzuführen; aber die, wie ich annehmen muß, geringe Ausbildung der peripherischen Ganglien, der die Chromatophoren vorwiegend beherrschende centrale Reiz ohne Mitwirkung von peripher gelegenen ganglionären Apparaten trübt das Vergiftungsbild bei Sepia sehr, und es wäre ganz unmöglich gewesen bei diesen Cephalopoden auf toxicologischem Wege den Aufschluß über den Mechanismus des Chromatophorenspiels zu erlangen, der, wie ich vielleicht behaupten darf, bei Eledone in so erwünschter Weise gewonnen wurde. Die Bräunung durch Nicotin tritt auch bei Sepia constant ein; in dem Anfangsstadium (den ersten Secunden) ist man aber nie seines Erfolges sicher: so sehr schwankt das Colorit. Nach kaum einer Stunde erkennt man ferner, daß das Braun nicht Stand hält, daß das Thier allmählich erblaßt und endlich ganz weiß wird. Aehnlich ist es

bei der Strychninwirkung. Anfangs ist das typische Vergiftungsbild durch centrale Einflüsse getrübt, dann tritt nach einigen Secunden oder wenigen Minuten constant eine Weißfärbung der Haut ein, die successive einer Expansion der Chromatophoren (auch in diesem Falle ein der Nicotinwirkung gerade entgegengesetzter Wechsel) Platz macht. Die unbestimmten Wirkungen der Gifte treten sowohl an einzelnen Hautstücken als bei der Vergiftung der lebenden Sepien auf. Diese Versuchsergebnisse an Sepia officinalis überzeugen uns hinlänglich, und nur deßhalb haben sie hier Mittheilung gefunden, wie unberechtigt jede voreilige Verallgemeinerung toxicologischer Erfahrungen sein würde, und wie das Studium einfacherer Verhältnisse oft auch die verwickelteren durchsichtig macht.

An der Hand der Gefriermethode würden sich meine toxicologischen Angaben durch histologische Untersuchungen in werthvoller Weise ergänzen lassen. Ich möchte hier kurz darauf aufmerksam machen, daß die Toxicologie der anatomischen Forschung die sichersten Mittel zu bieten vermag, um die Organisation der einzelnen Theile im thätigen und ruhenden Zustande zu studiren, und besonders das Curare[1]) verspricht für die vergleichende Histologie von großer Bedeutung zu werden.

III. Die Muskelgifte.

Bereits an einer anderen Stelle[2]) geschah meiner Versuche Erwähnung, welche ich über die Wirkung der Stoffe der sog. Alkoholgruppe (im toxicologischen Sinne) auf verschiedene Wir-

---

[1]) Das Curare würde z. B. ein ausgezeichnetes Mittel sein, wie es *A. v. Heider* bei seinen Untersuchungen über Sagartia troglodytes vergeblich suchte, um die Contraction der Muskeln bei den Actinien zu verhindern.

[2]) *Krukenberg*, Das Verhältniß der Toxicologie zu den übrigen biologischen Disciplinen. Bolletino della Società Adriatica di scienze naturali in Trieste. Vol. V. 1879.

bellose angestellt habe. Diese lehrten, daß sowohl bei Würmern (Hirudo, Lumbricus) wie Actinien (Sagartia, Anthea, Actinia) und Medusen (Turris, Aequorea) durch diese Stoffe in erster Instanz die Muskeln gelähmt werden, und Veränderungen am Centralorgane erst so spät erfolgen, daß es ganz willkürlich sein würde, diese von der Alkohol-, Aether- oder Chloroformwirkung direct abhängig zu machen, statt sie als Folgen der allgemeinen Muskellähmung anzusprechen. Einen besonderen Nachdruck legte ich auf den Umstand, daß es noch zu einer Zeit, wo durch den electrischen Reiz keine Muskelcontraction zu erhalten ist, leicht gelingt, das Thier wieder zu beleben. Wären tiefgreifendere Störungen am Centralorgane zu dieser Zeit schon eingetreten, dann würde auch die Wiederbelebung zweifellos unmöglich gewesen sein. Ich betonte auch die anfangs rein locale Wirkung dieser Stoffe auf die Wirbellosen. Das Curare verhalf dazu, die Lähmung der Muskeln endgültig nachzuweisen.

Auf die Radiärfasern der Cephalopoden schien mir das Chloroform, der Aether und das Alkohol in gleicher Weise zu wirken. Für diese Vermuthung lieferten mir zwar die zahlreichen Angaben der Histologen über die nach Alkoholbehandlung theilweise contrahirt gefundenen Radiärfasern —, eine Beobachtung, welche zuerst von *Rud. Wagner* gemacht und von den späteren Untersuchern mit Ausnahme *Lichtenstein*'s allgemein bestätigt wurde, — keinen Anhalt, denn in diesen Fällen handelte es sich nicht um eine specifische Alkoholwirkung, sondern um eine Wasserentziehung. Um diese zu vermeiden, verwandte ich zu meinen Versuchen stets chloroformirtes und ätherisirtes Wasser oder auch sehr verdünnten (5procentigen) Aethylalkohol und sah constant fast momentan eine Bräunung der Haut erfolgen.

Die früher von mir bei den übrigen Evertebraten erfolgreich benutzte Methode zum Nachweis der Wirkung auf die Muskeln ließ sich bei den Cephalopoden nicht in Anwendung bringen,

weil wir bei keinem Mollusken durch Curare die Muskeln von nervösen Einflüssen separiren, keine Nervenendapparate hier lähmen können. Die Braunfärbung an sich lieferte selbstverständlich gar keinen Beweis für die Richtigkeit der Vermuthung, daß es sich auch bei der Eledone um eine Muskellähmung im Contractionszustande handelt, denn diese Färbung sahen wir nach electrischer Reizung des Centralorganes ebenso intensiv werden als nach Application von Nicotin auf die separirten Cutisstücke. An der Hülfe, welche uns das Curare bei der Erforschung der Alkohol-, Aether- und Chloroformwirkung bei Würmern und Cölenteraten bot, fehlt es uns aber auch bei der Eledone nicht; sie wird uns durch das Atropin und Strychnin gebracht, durch welche wir bekanntlich die peripherischen Ganglien lähmen und so jeden nervösen Einfluß ausschließen können. Es ist selbstverständlich, daß wenn es uns gelingt, das durch Atropin oder Strychnin weiß erhaltene Hautstück durch die Stoffe der Alkoholgruppe zu bräunen, wir von der Richtigkeit unserer Vermuthung überzeugt sein dürfen.

Das gelingt uns nun auch nicht weniger sicher als die Braunfärbung der durch Chinin vergifteten Eledone mittelst Nicotin. Zwar muß ich hinzufügen, daß niemals die Bräunung an der durch Strychnin und Atropin weiß gewordenen Cutis so intensiv wird, als wenn frische unvergiftete Hautschnitte in das Chloroform- oder Aetherwasser gelegt werden. Dieser wechselnde Erfolg ist leicht begreiflich, da ein Reiz, der die Muskelfaser vom Nerven aus trifft, bekanntlich viel intensiver wirkt als der der Muskelsubstanz direct applicirte. Es ordnet sich das Braun an den atropinisirten oder strychnisirten Cutisschnitten im Chloroform- oder Aetherwasser eigenthümlich maschenartig, und das lichte Geäder, welches die braunen Partieen von einander trennt, wird vielleicht mit den Innervationsverhältnissen der Chromatophoren in Beziehung stehen. Wichtige histologische Aufschlüsse über

den Nervenverlauf und die Chromatophorenanordnung versprechen die mikroskopischen Untersuchungen der so combinirt vergifteten Haut!

Die Wirkung der Stoffe der Alkoholgruppe ist eine völlig locale, wovon man sich durch die beim Nachweis der Localisation der Nicotin-, Atropin- und Strychninwirkung besprochenen Methoden leicht überzeugen kann.

Daß die Glieder der Alkoholgruppe nicht ebenso wie das Nicotin auf den Chromatophorenmechanismus wirken, geht an sich schon aus dem Umstande hervor, daß an den atropinisirten oder strychnisirten Hautstücken, an denen die Lähmung der Ganglien einen so hohen Grad erreicht hat, daß durch Nicotin keine Bräunung mehr erzielt werden kann, noch sehr wohl die Alkoholwirkung eintritt.

Ferner ist die durch die Stoffe der Alkoholgruppe hervorgerufene Bräunung der Haut außerordentlich beständig, und die so behandelte Cutis unterscheidet sich schon dadurch von der nicotinisirten. Wir kennen nur Ein Mittel, um die durch Chloroform und Aether erzielte Braunfärbung zu beseitigen, und das gelingt uns, wenn wir die Eledonen in eine reichliche Menge frischen Meerwassers setzen, oder falls einzelne Rückentheile zu den Versuchen dienten, diese in eine feuchte Atmosphäre bringen. Sobald das Chloroform, der Aether von den Gewebselementen ausgeschieden ist, erhält der Dintenfisch seine Macht über das Chromatophorenspiel an seinen Körperoberflächen wieder.

Wie es gelingt, die peripherischen Ganglien nach Wunsch zu erregen und zu lähmen, so vermag man auch die Radiärfasern einerseits im contrahirten, andererseits im erschlafften Zustande dauernd zu fixiren. Die Lähmung im Zustande der Contraction gelingt, wie bewiesen wurde, durch die Stoffe der Alkoholgruppe; eine Lähmung im Zustande der Erschlaffung erhält man durch den Kampher.

Exponirt man eine Eledone (ebenso verhält sich Sepia) in dem mit Meerwasser angefüllten Aquarium einer Kampheratmosphäre[1]), so färbt sie sich in kurzer Zeit weiß. Je nach der Höhe der Wasserschicht, der Entfernung des Kamphers von dem Versuchsthiere und abhängig von anderen auffälligen Nebenumständen tritt die Wirkung bald früher, bald später ein. Aeußerst rapide erfolgt die Weißfärbung der Haut, wenn man die Eledonen mit feinem Kampherpulver bestreut; aber auch im Wasser eingetauchte Kampherstücke rufen zwar oft erst nach wenigen Stunden denselben Effect an den lebenden Thieren hervor.

Wie die durch Nicotin braun gewordene Eledone durch Chinin nicht wieder weiß zu machen ist, das durch Atropin oder Strychnin erhaltene Weiß bei hochgradiger Wirkung nicht durch Nicotin, sondern nur durch die Stoffe der Alkoholgruppe und durch directe Reizung der Radiärfasern verschwindet, die Chloroform- und Aetherwirkung endlich weder durch Chinin, Atropin oder Strychnin beseitigt werden kann, so ist keines geeignet von allen bislang besprochenen Giften, deren Wirkung sich insgesammt an den mehr centralwärts gelegenen Organen äußert, die Kampherwirkung aufzuheben. Auch weder durch rauchende Salzsäure, durch starke Kalilauge, durch Kreosot, noch durch Alkohol, Chloroform und Aether ist die, wie es scheint, tiefgreifende Veränderung an den Chromatophoren auszugleichen. Nur Ein sicheres Mittel wurde gefunden, um an der durch den Kampher vergifteten Eledone das Chromatophorenspiel wieder beginnen zu machen, die so tiefgreifend Veränderte am Leben zu erhalten, ja das volle Wohlbefinden ihr wiederzuschenken. Es brauchen nur die Gewebe bis zu einem gewissen Grade von dem Kampher entlastet zu werden, damit der Farbenwechsel in seiner alten Pracht so-

---

[1]) Mit einer feinen Kampherkruste überzogene Glasglocken, Trichter oder auch Glasplatten eignen sich zu diesen Versuchen vortrefflich.

gleich beginnt, und das läßt sich ausschließlich durch die bei der Alkoholwirkung besprochenen Vorkehrungen erreichen; nämlich durch einen oftmaligen Wechsel des Wassers.

Nach dem Mitgetheilten bedarf es wohl kaum mehr der Erwähnung, daß die Wirkung des Kamphers (wie die der peripherischen Nervengifte und der Stoffe der Alkoholgruppe) an den abgetrennten Hautstücken nicht weniger präcis als am lebenden Thiere eintreten muß.

Eigenthümlich ist die auf electrische Reizung an den kampherisirten Hautstücken eintretende Erscheinung. Würden die Radiärfasern durch den Kampher vollständig gelähmt und diese ausschließlich die Expansion der Chromatophoren bewirken, dann könnte selbstverständlich auch der hindurchgesandte Inductionsstrom die Hautfärbung nicht im Mindesten umstimmen. Ich erhielt aber constant an den Hautstellen, wo die Electroden aufgesetzt waren, eine ganz circumscripte, oft nur punktförmige Bräunung der Haut und getraue mir kein Urtheil darüber zu, ob dieser Effect lediglich (wie es das Wahrscheinlichste) auf eine unvollständige Lähmung der Radiärfasern zu beziehen ist, oder ob an den Punkten, wo diese sich am Pigmentkörper inseriren, ebenfalls radiär angeordnete, aber weniger musculöse als rein protoplasmatische Gebilde lagern, auf welche der Kampher nicht wirkt, die der electrische Strom aber zur Contraction bringt. Es ließe sich sehr wohl denken, daß starke Säuren und Alkalien auch diese rasch zum Absterben bringen, und nur der Inductionsstrom sich deßhalb als geeignet erweist, um an der kampherisirten Haut noch eine ganz local begrenzte Bräunung zu erzielen. Im Zusammenhang mit den Ergebnissen an der strychnisirten und atropinisirten Haut überzeugt uns aber dieser Reizversuch, wie sicher begründet die Beobachtungen von *Harleß* und *Boll* über die Verknüpfung der Chromatophoren durch Radiärfasern sind.

IV. Die muthmassliche Beschaffenheit der Pigmentflecke.

Ueberlassen wir die Feststellung der feineren Organisation der Pigmentflecke, welche uns bei unserer ganzen Betrachtung als die sichersten Indicatoren dienten, der histologischen Forschung, und untersuchen wir nur, wie sich die Contractionsveränderungen an diesen äußersten Theilen des merkwürdigsten Farbenapparates gestalten, die wir nach Lähmung der Radiärfasern vom Centralorgane, von den Nerven und peripherischen Ganglien, von jedem muskulären Einflusse abgetrennt haben. Stets ergab sich, als wir vom Centralorgane aus nach der Peripherie allmählich vorrückten und einen Theil nach dem anderen mit dem Centrum außer Verbindung setzten, oder als wir die Leitung vom Centralorgane bis zu den Pigmentflecken, diesen äußersten Vorposten, an irgend einer Stelle unterbrachen, — daß die Pigmentkörper nie ihr Contractionsvermögen eingebüßt hatten.

Die Formveränderungen, die Bewegungen, die Expansions- und Contractionszustände einzelner Theile erfolgen in der lebendigen Welt:

1) durch den directen Einfluß äußerer Kräfte
   a) bei selbständiger Veränderung der Oberflächenform (Sinken der Medusen).
   b) bei licht-, wärme- oder gravitationsempfindlichem Protoplasma. Der Heliotropismus und Geotropismus vieler Pflanzen möge als Beispiel dienen.
   c) bei selbständig zu veränderndem, specifischem Gewichte (Sinken der Ctenophoren).
   d) bei einem specifischen Gewichte größer als das umgebende Medium, dessen Einfluß auf die Bewegungsrichtung durch immanente Kräfte übercompensirt werden kann (Fallen der Vögel in der Luft).

2) durch die Elasticität organisirter oder vom Organismus ausgeschiedener Massen (zahlreiche Beispiele liefert für diesen Modus die vergleichende Anatomie der Gelenke).

3) durch eine Retention von Flüssigkeiten in expandirbaren, cavernösen Gebieten.

a) reines Blut wird z. B. retinirt beim Anschwellen des Kammes der Hühnervögel,

b) mit Wasser gemischtes Blut, z. B. bei der Erection des Analhanges der Pinna,

c) viel Wasser mit wenig organisirten Bestandtheilen bei der Aufrichtung der Ambulacralfüßchen der Asteriden und

d) fast reines Meerwasser bei der Ausbreitung des Tentakelkranzes der Actinien.

4) durch die labile Wasserattraction

a) des Protoplasmas (Zellen in den Blattstielen der Mimosa pudica) oder

b) quellbarer Gerüstsubstanzen (Tethya, Mantel von Botryllus) und endlich

5) ohne wahrnehmbare Wasserabgabe nach außen

a) bei formveränderlichem Protoplasma mit selbstständiger Bewegungsfähigkeit (Wanderzellen) oder

b) bei contractilem Gewebe von fixirter Form, dessen Bewegungen für gewöhnlich von Seiten des Nervensystemes ausgelöst und geregelt werden (Muskeln).

Zahlreiche Uebergangsglieder und Combinationsformen verwischen zwar den scharfen Unterschied zwischen den beiden Abtheilungen der fünften Classe.

Weder in der umfangreichen Literatur über den Farbenwechsel noch durch meine toxicologischen Untersuchungen wird man bei kritischer Erwägung der Thatsachen irgend einen Anhaltspunkt für die Ansicht finden, daß das offenkundige Con-

tractions- (nicht Contractilitäts-) Vermögen des Farbstoffträgers, der den Farbenwechsel der Eledone hervorruft, von den sub 5 verzeichneten Ursachen abhängig zu machen ist. Im höchsten Grade unwahrscheinlich ist diese Ansicht deßhalb geworden, weil der Pigmentkörper bei Lähmung der motorischen Ganglien sein Contractionsvermögen niemals einbüßt; ohne jede Analogie würde es aber sein, wenn er als ein mit Contractilität begabtes Gebilde viele Stunden lang (wie nach der Chininvergiftung oder nach der Durchschneidung der Pedunculi) im Zustande äußerster Contraction verharren könnte; er würde, besäße er wirklich das ihm von einigen Forschern zugeschriebene Contractilitäts-Vermögen, unzweifelhaft sehr bald in einen Grad mäßiger Erschlaffung übergehen, welcher an ihm bei Lähmung der Radiärfasern durch Kampher sehr leicht wahrnehmbar sein würde. Nicht weniger verwerflich wäre aus angeführten Gründen die Annahme eines normalen Chromatophorentonus, ähnlich wie er bei den Irismuskeln besteht, da dieser sich schon unter normalen Verhältnissen documentiren müßte.

Die sub 1 u. 3 verzeichneten Fälle dürfen wohl ohne Weiteres unberücksichtigt gelassen werden, und nur zwischen den sub 2 u. 4 notirten Möglichkeiten hat man zu wählen. Die Entscheidung wird schwer zu treffen sein, welche von beiden die richtige ist. Könnte man doch auch zu der Annahme neigen, daß weniger die Elasticität als eine Flüssigkeitsaufnahme bei der Expansion und eine Flüssigkeitsabgabe bei der Contraction den Pigmentkörper bei seiner eigenen Indifferenz so nachgiebig für die Veränderungen an den Radiärfasern macht. Histologische Befunde bei anderen Wirbellosen scheinen wirklich darauf hinzuweisen, daß auch im Thierreiche cellulären Gebilden nicht nothwendig die Fähigkeit mangelt, sich wie ein Schwamm rapide mit Flüssigkeit zu imbibiren, um dasselbe, anderweitig beeinflußt, ebenso rasch wieder auszustoßen.

Nachdem wir im Vorhergehenden die Giftwirkungen auf die einzelnen Stücke des complicirten Apparates, der den Farbenwechsel bei den Cephalopoden vermittelt, betrachtet und erfahren haben, daß wir nach Wunsch bald hier, bald dort ein nothwendiges Glied für sein Zustandekommen ausschalten oder zu erhöhter Thätigkeit anregen können, wird die Frage gestattet sein, ob es nicht möglich ist, an ein und derselben Eledone die Summe der genannten Vergiftungen mit sicherem Erfolge auszuführen?

Meine in dieser Richtung unternommenen Experimente führten zu den unerwartet günstigsten Resultaten. Ich stelle hier die drei Versuchsreihen zusammen, welche ich zu wiederholten Malen verschiedenen Forschern stets erfolgreich vorführen konnte.

Erste Eledone.

Nummer der Operation.	Operation.	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
1.	Electrische Reizung des Centralorganes.	braun.	centralen Ursprungs.	
2.	Eingesetzt in: Atropinsulfatlösung (1 : 1000).	weiß.	Lähmung peripherischer Ganglien.	Am lebenden Thiere, sowie an Hautstücken mit Erfolg ausführbar.
3.	Chloroformwasser.	braun.	Lähmung der Radiärfasern im contrahirten Zustande.	

Zweite Eledone.

Nummer der Operation.	Operation.	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
1.	Eingesetzt in: salzsaure Chininlösung (1 : 500).	weiß.	Lähmung centraler Theile.	Nur am lebenden Thiere gelingend.

Nummer der Operation.	Operation.	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
2.	Eingesetzt in: Nicotinlösung (1 : 50,000).	braun.	Reizung peripherischer Ganglien.	Am lebenden Thiere, sowie an Hautstücken mit Erfolg ausführbar.
3.	Kampherdämpfen ausgesetzt.	weiß.	Lähmung der Radiärfasern im expandirten Zustande.	
4.	Electrische Reizung der Haut.	circumscripte (punktförmige) Bräunung.	Zweifelhaft.	

Dritte Eledone.

Nummer der Operation.	Operation.	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
1.	Eingesetzt in: salzsaure Chininlösung (1 : 500).	weiß.	Lähmung centraler Theile.	Nur am lebenden Thiere gelingend.
2.	Eingesetzt in: Nicotinlösung (1 : 100,000).	braun.	Reizung peripherischer Ganglien.	Am lebenden Thiere, sowie an Hautstücken mit Erfolg ausführbar.
3.	Eingesetzt in: Strychninnitratlösung (1 : 20,000).	weiß.	Lähmung peripherischer Ganglien.	
4.	Eingesetzt in: Chloroformwasser.	braun.	Lähmung der Radiärfasern im contrahirten Zustande.	

2) durch die Elasticität organisirter oder vom Organismus ausgeschiedener Massen (zahlreiche Beispiele liefert für diesen Modus die vergleichende Anatomie der Gelenke).
3) durch eine Retention von Flüssigkeiten in expandirbaren, cavernösen Gebieten.
   a) reines Blut wird z. B. retinirt beim Anschwellen des Kammes der Hühnervögel,
   b) mit Wasser gemischtes Blut, z. B. bei der Erection des Analhanges der Pinna,
   c) viel Wasser mit wenig organisirten Bestandtheilen bei der Aufrichtung der Ambulacralfüßchen der Asteriden und
   d) fast reines Meerwasser bei der Ausbreitung des Tentakelkranzes der Actinien.
4) durch die labile Wasserattraction
   a) des Protoplasmas (Zellen in den Blattstielen der Mimosa pudica) oder
   b) quellbarer Gerüstsubstanzen (Tethya, Mantel von Botryllus) und endlich
5) ohne wahrnehmbare Wasserabgabe nach außen

a) bei formveränderlichem Protoplasma mit selbstständiger Bewegungsfähigkeit (Wanderzellen) oder

b) bei contractilem Gewebe von fixirter Form, dessen Bewegungen für gewöhnlich von Seiten des Nervensystemes ausgelöst und geregelt werden (Muskeln).

Zahlreiche Uebergangsglieder und Combinationsformen verwischen zwar den scharfen Unterschied zwischen den beiden Abtheilungen der fünften Classe.

Weder in der umfangreichen Literatur über den Farbenwechsel noch durch meine toxicologischen Untersuchungen wird man bei kritischer Erwägung der Thatsachen irgend einen Anhaltspunkt für die Ansicht finden, daß das offenkundige Con-

tractions- (nicht Contractilitäts-) Vermögen des Farbstoffträgers, der den Farbenwechsel der Eledone hervorruft, von den sub 5 verzeichneten Ursachen abhängig zu machen ist. Im höchsten Grade unwahrscheinlich ist diese Ansicht deßhalb geworden, weil der Pigmentkörper bei Lähmung der motorischen Ganglien sein Contractionsvermögen niemals einbüßt; ohne jede Analogie würde es aber sein, wenn er als ein mit Contractilität begabtes Gebilde viele Stunden lang (wie nach der Chininvergiftung oder nach der Durchschneidung der Pedunculi) im Zustande äußerster Contraction verharren könnte; er würde, besäße er wirklich das ihm von einigen Forschern zugeschriebene Contractilitäts-Vermögen, unzweifelhaft sehr bald in einen Grad mäßiger Erschlaffung übergehen, welcher an ihm bei Lähmung der Radiärfasern durch Kampher sehr leicht wahrnehmbar sein würde. Nicht weniger verwerflich wäre aus angeführten Gründen die Annahme eines normalen Chromatophorentonus, ähnlich wie er bei den Irismuskeln besteht, da dieser sich schon unter normalen Verhältnissen documentiren müßte.

Die sub 1 u. 3 verzeichneten Fälle dürfen wohl ohne Weiteres unberücksichtigt gelassen werden, und nur zwischen den sub 2 u. 4 notirten Möglichkeiten hat man zu wählen. Die Entscheidung wird schwer zu treffen sein, welche von beiden die richtige ist. Könnte man doch auch zu der Annahme neigen, daß weniger die Elasticität als eine Flüssigkeitsaufnahme bei der Expansion und eine Flüssigkeitsabgabe bei der Contraction den Pigmentkörper bei seiner eigenen Indifferenz so nachgiebig für die Veränderungen an den Radiärfasern macht. Histologische Befunde bei anderen Wirbellosen scheinen wirklich darauf hinzuweisen, daß auch im Thierreiche cellulären Gebilden nicht nothwendig die Fähigkeit mangelt, sich wie ein Schwamm rapide mit Flüssigkeit zu imbibiren, um dasselbe, anderweitig beeinflußt, ebenso rasch wieder auszustoßen.

---

2) durch die Elasticität organisirter oder vom Organismus ausgeschiedener Massen (zahlreiche Beispiele liefert für diesen Modus die vergleichende Anatomie der Gelenke).

3) durch eine Retention von Flüssigkeiten in expandirbaren, cavernösen Gebieten.

   a) reines Blut wird z. B. retinirt beim Anschwellen des Kammes der Hühnervögel,

   b) mit Wasser gemischtes Blut, z. B. bei der Erection des Analhanges der Pinna,

   c) viel Wasser mit wenig organisirten Bestandtheilen bei der Aufrichtung der Ambulacralfüßchen der Asteriden und

   d) fast reines Meerwasser bei der Ausbreitung des Tentakelkranzes der Actinien.

4) durch die labile Wasserattraction

   a) des Protoplasmas (Zellen in den Blattstielen der Mimosa pudica) oder

   b) quellbarer Gerüstsubstanzen (Tethya, Mantel von Botryllus) und endlich

5) ohne wahrnehmbare Wasserabgabe nach außen

a) bei formveränderlichem Protoplasma mit selbstständiger Bewegungsfähigkeit (Wanderzellen) oder

b) bei contractilem Gewebe von fixirter Form, dessen Bewegungen für gewöhnlich von Seiten des Nervensystemes ausgelöst und geregelt werden (Muskeln).

Zahlreiche Uebergangsglieder und Combinationsformen verwischen zwar den scharfen Unterschied zwischen den beiden Abtheilungen der fünften Classe.

Weder in der umfangreichen Literatur über den Farbenwechsel noch durch meine toxicologischen Untersuchungen wird man bei kritischer Erwägung der Thatsachen irgend einen Anhaltspunkt für die Ansicht finden, daß das offenkundige Con-

tractions- (nicht Contractilitäts-) Vermögen des Farbstoffträgers, der den Farbenwechsel der Eledone hervorruft, von den sub 5 verzeichneten Ursachen abhängig zu machen ist. Im höchsten Grade unwahrscheinlich ist diese Ansicht deßhalb geworden, weil der Pigmentkörper bei Lähmung der motorischen Ganglien sein Contractionsvermögen niemals einbüßt; ohne jede Analogie würde es aber sein, wenn er als ein mit Contractilität begabtes Gebilde viele Stunden lang (wie nach der Chininvergiftung oder nach der Durchschneidung der Pedunculi) im Zustande äußerster Contraction verharren könnte; er würde, besäße er wirklich das ihm von einigen Forschern zugeschriebene Contractilitäts-Vermögen, unzweifelhaft sehr bald in einen Grad mäßiger Erschlaffung übergehen, welcher an ihm bei Lähmung der Radiärfasern durch Kampher sehr leicht wahrnehmbar sein würde. Nicht weniger verwerflich wäre aus angeführten Gründen die Annahme eines normalen Chromatophorentonus, ähnlich wie er bei den Irismuskeln besteht, da dieser sich schon unter normalen Verhältnissen documentiren müßte.

Die sub 1 u. 3 verzeichneten Fälle dürfen wohl ohne Weiteres unberücksichtigt gelassen werden, und nur zwischen den sub 2 u. 4 notirten Möglichkeiten hat man zu wählen. Die Entscheidung wird schwer zu treffen sein, welche von beiden die richtige ist. Könnte man doch auch zu der Annahme neigen, daß weniger die Elasticität als eine Flüssigkeitsaufnahme bei der Expansion und eine Flüssigkeitsabgabe bei der Contraction den Pigmentkörper bei seiner eigenen Indifferenz so nachgiebig für die Veränderungen an den Radiärfasern macht. Histologische Befunde bei anderen Wirbellosen scheinen wirklich darauf hinzuweisen, daß auch im Thierreiche cellulären Gebilden nicht nothwendig die Fähigkeit mangelt, sich wie ein Schwamm rapide mit Flüssigkeit zu imbibiren, um dasselbe, anderweitig beeinflußt, ebenso rasch wieder auszustoßen.

2) durch die Elasticität organisirter oder vom Organismus ausgeschiedener Massen (zahlreiche Beispiele liefert für diesen Modus die vergleichende Anatomie der Gelenke).
3) durch eine Retention von Flüssigkeiten in expandirbaren, cavernösen Gebieten.
   a) reines Blut wird z. B. retinirt beim Anschwellen des Kammes der Hühnervögel,
   b) mit Wasser gemischtes Blut, z. B. bei der Erection des Analhanges der Pinna,
   c) viel Wasser mit wenig organisirten Bestandtheilen bei der Aufrichtung der Ambulacralfüßchen der Asteriden und
   d) fast reines Meerwasser bei der Ausbreitung des Tentakelkranzes der Actinien.
4) durch die labile Wasserattraction
   a) des Protoplasmas (Zellen in den Blattstielen der Mimosa pudica) oder
   b) quellbarer Gerüstsubstanzen (Tethya, Mantel von Botryllus) und endlich
5) ohne wahrnehmbare Wasserabgabe nach außen

a) bei formveränderlichem Protoplasma mit selbstständiger Bewegungsfähigkeit (Wanderzellen) oder

b) bei contractilem Gewebe von fixirter Form, dessen Bewegungen für gewöhnlich von Seiten des Nervensystemes ausgelöst und geregelt werden (Muskeln).

Zahlreiche Uebergangsglieder und Combinationsformen verwischen zwar den scharfen Unterschied zwischen den beiden Abtheilungen der fünften Classe.

Weder in der umfangreichen Literatur über den Farbenwechsel noch durch meine toxicologischen Untersuchungen wird man bei kritischer Erwägung der Thatsachen irgend einen Anhaltspunkt für die Ansicht finden, daß das offenkundige Con-

tractions- (nicht Contractilitäts-) Vermögen des Farbstoffträgers, der den Farbenwechsel der Eledone hervorruft, von den sub 5 verzeichneten Ursachen abhängig zu machen ist. Im höchsten Grade unwahrscheinlich ist diese Ansicht deßhalb geworden, weil der Pigmentkörper bei Lähmung der motorischen Ganglien sein Contractionsvermögen niemals einbüßt; ohne jede Analogie würde es aber sein, wenn er als ein mit Contractilität begabtes Gebilde viele Stunden lang (wie nach der Chininvergiftung oder nach der Durchschneidung der Pedunculi) im Zustande äußerster Contraction verharren könnte; er würde, besäße er wirklich das ihm von einigen Forschern zugeschriebene Contractilitäts-Vermögen, unzweifelhaft sehr bald in einen Grad mäßiger Erschlaffung übergehen, welcher an ihm bei Lähmung der Radiärfasern durch Kampher sehr leicht wahrnehmbar sein würde. Nicht weniger verwerflich wäre aus angeführten Gründen die Annahme eines normalen Chromatophorentonus, ähnlich wie er bei den Irismuskeln besteht, da dieser sich schon unter normalen Verhältnissen documentiren müßte.

Die sub 1 u. 3 verzeichneten Fälle dürfen wohl ohne Weiteres unberücksichtigt gelassen werden, und nur zwischen den sub 2 u. 4 notirten Möglichkeiten hat man zu wählen. Die Entscheidung wird schwer zu treffen sein, welche von beiden die richtige ist. Könnte man doch auch zu der Annahme neigen, daß weniger die Elasticität als eine Flüssigkeitsaufnahme bei der Expansion und eine Flüssigkeitsabgabe bei der Contraction den Pigmentkörper bei seiner eigenen Indifferenz so nachgiebig für die Veränderungen an den Radiärfasern macht. Histologische Befunde bei anderen Wirbellosen scheinen wirklich darauf hinzuweisen, daß auch im Thierreiche cellulären Gebilden nicht nothwendig die Fähigkeit mangelt, sich wie ein Schwamm rapide mit Flüssigkeit zu imbibiren, um dasselbe, anderweitig beeinflußt, ebenso rasch wieder auszustoßen.

2) durch die Elasticität org
geschiedener Massen (z
Modus die vergleichen
3) durch eine Retention
cavernösen Gebieten.
a) reines Blut wird
Kammes der Hü
b) mit Wasser gem
Analhanges der
c) viel Wasser mi
der Aufrichtu
den und
d) fast reines Me
kranzes der A
4) durch die labile
a) des Protoplasm
pudica) oder
b) quellbarer Gerü
tryllus) und e
5) ohne wahrnehmbare
a) bei formveränderl
Bewegungsfähigkeit (Wand
b) bei contractilem G
wegungen für gewöhnlich v
löst und geregelt werden (M
Zahlreiche Uebergangsgli
wischen zwar den scharfen Unt
theilungen der fünften Classe.
Weder in der umfangreiche
wechsel noch durch meine toxicolo
man bei kritischer Erwägung der T
haltspunkt für die Ansicht finden, d

Erste Eledone.

		Färbung der Haut.	Ursache der Farben-Änderung.	Bemerkungen.

[illegible]	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
…t in: …ösung …000).	braun.	Reizung peripherischer Ganglien.	Am lebenden Thiere, sowie an Hautstücken mit Erfolg ausführbar.
…pher- …en aus- …etzt.	weiß.	Lähmung der Radiärfasern im expandirten Zustande.	
…ctrische …ung der Haut.	circumscripte (punktförmige) Bräunung.	Zweifelhaft.	

Dritte Eledone.

Operation.	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
…setzt in: …säure …lösung (…500).	weiß.	Lähmung centraler Theile.	Nur am lebenden Thiere gelingend.
…setzt in: …lösung (…0,000).	braun.	Reizung peripherischer Ganglien.	Am lebenden Thiere, sowie an Hautstücken mit Erfolg ausführbar.
…tzt in: …nitrat- [illegible]	weiß.	Lähmung peripherischer Ganglien.	
[illegible] in: [illegible]	braun.	Lähmung der Radiärfasern im contrahirten Zustande.	

Nachdem wir im Vorhergehenden die Giftwirkungen auf die einzelnen Stücke des complicirten Apparates, der den Farbenwechsel bei den Cephalopoden vermittelt, betrachtet und erfahren haben, daß wir nach Wunsch bald hier, bald dort ein nothwendiges Glied für sein Zustandekommen ausschalten oder zu erhöhter Thätigkeit anregen können, wird die Frage gestattet sein, ob es nicht möglich ist, an ein und derselben Eledone die Summe der genannten Vergiftungen mit sicherem Erfolge auszuführen?

Meine in dieser Richtung unternommenen Experimente führten zu den unerwartet günstigsten Resultaten. Ich stelle hier die drei Versuchsreihen zusammen, welche ich zu wiederholten Malen verschiedenen Forschern stets erfolgreich vorführen konnte.

Erste Eledone.

Nummer der Operation.	Operation.	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
1.	Electrische Reizung des Centralorganes.	braun.	centralen Ursprungs.	
2.	Eingesetzt in: Atropinsulfatlösung (1 : 1000).	weiß.	Lähmung peripherischer Ganglien.	Am lebenden Thiere, sowie an Hautstücken mit Erfolg ausführbar.
3.	Chloroformwasser.	braun.	Lähmung der Radiärfasern im contrahirten Zustande.	

Zweite Eledone.

Nummer der Operation.	Operation.	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
1.	Eingesetzt in: salzsaure Chininlösung (1 : 500).	weiß.	Lähmung centraler Theile.	Nur am lebenden Thiere gelingend.

Nummer der Operation.	Operation.	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
2.	Eingesetzt in: Nicotinlösung (1 : 50,000).	braun.	Reizung peripherischer Ganglien.	Am lebenden Thiere, sowie an Hautstücken mit Erfolg ausführbar.
3.	Kampherdämpfen ausgesetzt.	weiß.	Lähmung der Radiärfasern im expandirten Zustande.	
4.	Electrische Reizung der Haut.	circumscripte (punktförmige) Bräunung.	Zweifelhaft.	

Dritte Eledone.

Nummer der Operation.	Operation.	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
1.	Eingesetzt in: salzsaure Chininlösung (1 : 500).	weiß.	Lähmung centraler Theile.	Nur am lebenden Thiere gelingend.
2.	Eingesetzt in: Nicotinlösung (1 : 100,000).	braun.	Reizung peripherischer Ganglien.	Am lebenden Thiere, sowie an Hautstücken mit Erfolg ausführbar.
3.	Eingesetzt in: Strychninnitratlösung (1 : 20,000).	weiß.	Lähmung peripherischer Ganglien.	
4.	Eingesetzt in: Chloroformwasser.	braun.	Lähmung der Radiärfasern im contrahirten Zustande.	

Nachdem wir im Vorhergehenden die Giftwirkungen auf die einzelnen Stücke des complicirten Apparates, der den Farbenwechsel bei den Cephalopoden vermittelt, betrachtet und erfahren haben, daß wir nach Wunsch bald hier, bald dort ein nothwendiges Glied für sein Zustandekommen ausschalten oder zu erhöhter Thätigkeit anregen können, wird die Frage gestattet sein, ob es nicht möglich ist, an ein und derselben Eledone die Summe der genannten Vergiftungen mit sicherem Erfolge auszuführen?

Meine in dieser Richtung unternommenen Experimente führten zu den unerwartet günstigsten Resultaten. Ich stelle hier die drei Versuchsreihen zusammen, welche ich zu wiederholten Malen verschiedenen Forschern stets erfolgreich vorführen konnte.

Erste Eledone.

Nummer der Operation.	Operation.	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
1.	Electrische Reizung des Centralorganes.	braun.	centralen Ursprungs.	
2.	Eingesetzt in: Atropinsulfatlösung (1 : 1000).	weiß.	Lähmung peripherischer Ganglien.	Am lebenden Thiere, sowie an Hautstücken mit Erfolg ausführbar.
3.	Chloroformwasser.	braun.	Lähmung der Radiärfasern im contrahirten Zustande.	

Zweite Eledone.

Nummer der Operation.	Operation.	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
1.	Eingesetzt in: salzsaure Chininlösung (1 : 500).	weiß.	Lähmung centraler Theile.	Nur am lebenden Thiere gelingend.

Nummer der Operation.	Operation.	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
2.	Eingesetzt in: Nicotinlösung (1 : 50,000).	braun.	Reizung peripherischer Ganglien.	Am lebenden Thiere, sowie an Hautstücken mit Erfolg ausführbar.
3.	Kampherdämpfen ausgesetzt.	weiß.	Lähmung der Radiärfasern im expandirten Zustande.	
4.	Electrische Reizung der Haut.	circumscripte (punktförmige) Bräunung.	Zweifelhaft.	

Dritte Eledone.

Nummer der Operation.	Operation.	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
1.	Eingesetzt in: salzsaure Chininlösung (1 : 500).	weiß.	Lähmung centraler Theile.	Nur am lebenden Thiere gelingend.
2.	Eingesetzt in: Nicotinlösung (1 : 100,000).	braun.	Reizung peripherischer Ganglien.	Am lebenden Thiere, sowie an Hautstücken mit Erfolg ausführbar.
3.	Eingesetzt in: Strychninnitratlösung (1 : 20,000).	weiß.	Lähmung peripherischer Ganglien.	
4.	Eingesetzt in: Chloroformwasser.	braun.	Lähmung der Radiärfasern im contrahirten Zustande.	

2) durch die Elasticität organisirter oder vom Organismus ausgeschiedener Massen (zahlreiche Beispiele liefert für diesen Modus die vergleichende Anatomie der Gelenke).

3) durch eine Retention von Flüssigkeiten in expandirbaren, cavernösen Gebieten.

   a) reines Blut wird z. B. retinirt beim Anschwellen des Kammes der Hühnervögel,

   b) mit Wasser gemischtes Blut, z. B. bei der Erection des Analhanges der Pinna,

   c) viel Wasser mit wenig organisirten Bestandtheilen bei der Aufrichtung der Ambulacralfüßchen der Asteriden und

   d) fast reines Meerwasser bei der Ausbreitung des Tentakelkranzes der Actinien.

4) durch die labile Wasserattraction

   a) des Protoplasmas (Zellen in den Blattstielen der Mimosa pudica) oder

   b) quellbarer Gerüstsubstanzen (Tethya, Mantel von Botryllus) und endlich

5) ohne wahrnehmbare Wasserabgabe nach außen

   a) bei formveränderlichem Protoplasma mit selbstständiger Bewegungsfähigkeit (Wanderzellen) oder

   b) bei contractilem Gewebe von fixirter Form, dessen Bewegungen für gewöhnlich von Seiten des Nervensystemes ausgelöst und geregelt werden (Muskeln).

Zahlreiche Uebergangsglieder und Combinationsformen verwischen zwar den scharfen Unterschied zwischen den beiden Abtheilungen der fünften Classe.

Weder in der umfangreichen Literatur über den Farbenwechsel noch durch meine toxicologischen Untersuchungen wird man bei kritischer Erwägung der Thatsachen irgend einen Anhaltspunkt für die Ansicht finden, daß das offenkundige Con-

tractions- (nicht Contractilitäts-) Vermögen des Farbstoffträgers, der den Farbenwechsel der Eledone hervorruft, von den sub 5 verzeichneten Ursachen abhängig zu machen ist. Im höchsten Grade unwahrscheinlich ist diese Ansicht deßhalb geworden, weil der Pigmentkörper bei Lähmung der motorischen Ganglien sein Contractionsvermögen niemals einbüßt; ohne jede Analogie würde es aber sein, wenn er als ein mit Contractilität begabtes Gebilde viele Stunden lang (wie nach der Chininvergiftung oder nach der Durchschneidung der Pedunculi) im Zustande äußerster Contraction verharren könnte; er würde, besäße er wirklich das ihm von einigen Forschern zugeschriebene Contractilitäts-Vermögen, unzweifelhaft sehr bald in einen Grad mäßiger Erschlaffung übergehen, welcher an ihm bei Lähmung der Radiärfasern durch Kampher sehr leicht wahrnehmbar sein würde. Nicht weniger verwerflich wäre aus angeführten Gründen die Annahme eines normalen Chromatophorentonus, ähnlich wie er bei den Irismuskeln besteht, da dieser sich schon unter normalen Verhältnissen documentiren müßte.

Die sub 1 u. 3 verzeichneten Fälle dürfen wohl ohne Weiteres unberücksichtigt gelassen werden, und nur zwischen den sub 2 u. 4 notirten Möglichkeiten hat man zu wählen. Die Entscheidung wird schwer zu treffen sein, welche von beiden die richtige ist. Könnte man doch auch zu der Annahme neigen, daß weniger die Elasticität als eine Flüssigkeitsaufnahme bei der Expansion und eine Flüssigkeitsabgabe bei der Contraction den Pigmentkörper bei seiner eigenen Indifferenz so nachgiebig für die Veränderungen an den Radiärfasern macht. Histologische Befunde bei anderen Wirbellosen scheinen wirklich darauf hinzuweisen, daß auch im Thierreiche cellulären Gebilden nicht nothwendig die Fähigkeit mangelt, sich wie ein Schwamm rapide mit Flüssigkeit zu imbibiren, um dasselbe, anderweitig beeinflußt, ebenso rasch wieder auszustoßen.

Nachdem wir im Vorhergehenden die Giftwirkungen auf die einzelnen Stücke des complicirten Apparates, der den Farbenwechsel bei den Cephalopoden vermittelt, betrachtet und erfahren haben, daß wir nach Wunsch bald hier, bald dort ein nothwendiges Glied für sein Zustandekommen ausschalten oder zu erhöhter Thätigkeit anregen können, wird die Frage gestattet sein, ob es nicht möglich ist, an ein und derselben Eledone die Summe der genannten Vergiftungen mit sicherem Erfolge auszuführen?

Meine in dieser Richtung unternommenen Experimente führten zu den unerwartet günstigsten Resultaten. Ich stelle hier die drei Versuchsreihen zusammen, welche ich zu wiederholten Malen verschiedenen Forschern stets erfolgreich vorführen konnte.

Erste Eledone.

Nummer der Operation.	Operation.	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
1.	Electrische Reizung des Centralorganes.	braun.	centralen Ursprungs.	
2.	Eingesetzt in: Atropinsulfatlösung (1 : 1000).	weiß.	Lähmung peripherischer Ganglien.	Am lebenden Thiere, sowie an Hautstücken mit Erfolg ausführbar.
3.	Chloroformwasser.	braun.	Lähmung der Radiärfasern im contrahirten Zustande.	

Zweite Eledone.

Nummer der Operation.	Operation.	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
1.	Eingesetzt in: salzsaure Chininlösung (1 : 500).	weiß.	Lähmung centraler Theile.	Nur am lebenden Thiere gelingend.

Nummer der Operation.	Operation.	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
2.	Eingesetzt in: Nicotinlösung (1 : 50,000).	braun.	Reizung peripherischer Ganglien.	Am lebenden Thiere, sowie an Hautstücken mit Erfolg ausführbar.
3.	Kampherdämpfen ausgesetzt.	weiß.	Lähmung der Radiärfasern im expandirten Zustande.	
4.	Electrische Reizung der Haut.	circumscripte (punktförmige) Bräunung.	Zweifelhaft.	

Dritte Eledone.

Nummer der Operation.	Operation.	Färbung der Haut.	Ursache der Farbenänderung.	Bemerkungen.
1.	Eingesetzt in: salzsaure Chininlösung (1 : 500).	weiß.	Lähmung centraler Theile.	Nur am lebenden Thiere gelingend.
2.	Eingesetzt in: Nicotinlösung (1 : 100,000).	braun.	Reizung peripherischer Ganglien.	Am lebenden Thiere, sowie an Hautstücken mit Erfolg ausführbar.
3.	Eingesetzt in: Strychninnitratlösung (1 : 20,000).	weiß.	Lähmung peripherischer Ganglien.	
4.	Eingesetzt in: Chloroformwasser.	braun.	Lähmung der Radiärfasern im contrahirten Zustande.	

An beistehendem Schema werden sich unsere Erfahrungen abermals kurz zusammenfassen lassen:

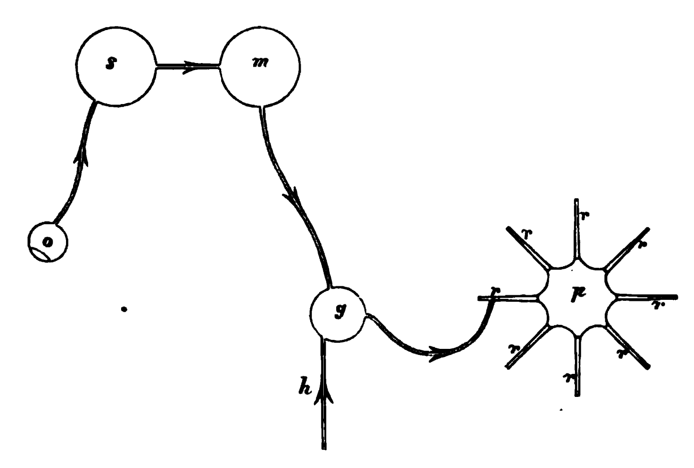


Fig. 1. Schema für den Mechanismus des Farbenwechsels bei Eledone.

o = Sinnesorgan.
s = Empfindungscentrum } Centralorgan;
m = Bewegungscentrum }
gereizt (electrisch) = Braunfärbung der Haut.
gelähmt durch Chinin = Weißfärbung der Haut.
g = peripherisch gelegene Ganglien;
gereizt durch Nicotin = Bräunung der Haut.
gelähmt durch Atropin oder Strychnin = Weißfärbung der Haut.
r = Radiärfasern;
gelähmt im Contractionszustande durch die Stoffe der Alkoholgruppe = Braunfärbung der Haut.
gelähmt im Expansionszustande durch Kampher = Weißfärbung der Haut.
p = Pigmentkörper (Chromatophore).

Die Leitungsbahnen sind durch die doppelt contourirten Linien angedeutet. h = durch den Hautnerv zugeleitete Reize. (Die Pfeilspitzen zeigen die Richtung der Fortleitung der Impulse an.)

Statt sich an genau erforschte Vorgänge zu halten und durch diese das Chromatophorenspiel bei den Cephalopoden verständlicher zu machen, haben die meisten früheren Untersucher vorgezogen, auf den mangelhaft bekannten oder fast ganz unerforscht gebliebenen Farbenwechsel bei Fischen, Amphibien und Arthropoden zu recurriren. Die Erfahrungen, welche bislang über den Farbenwechsel der Fische und Arthropoden gesammelt sind, und denen auch ich manches Neue hinzufügen könnte[1]), gestatten z. Z. nicht, den Grad der Berechtigung dieses Vergleiches festzustellen. Ich wiederhole nur —, und diese Auffassung läßt sich, wenn man Vergleiche wünscht, genügend rechtfertigen —, was ich schon vor längerer Zeit ausgesprochen habe: **„Das Chromatophorenspiel bei Eledone moschata wird von einem Mechanismus besorgt, wie er nicht complicirter die Pulsationen des Herzens bei den höchst organisirten Säugern**

---

[1]) In Kürze sei hier nur einiger meiner Versuche über den Farbenwechsel bei Platessa passer gedacht. An intensiv schwarz sich färbenden Exemplaren konnte ich mich leicht von der Richtigkeit der Angaben überzeugen, daß die Färbung von der Belichtung beeinflußt wird. Die im Dunkeln gehaltenen Fische waren nach einer Stunde stets dunkler gefärbt, als wenn sie am Lichte gewesen. Aber alle meine Bemühungen, die Körperfärbung durch Strychnin, Coffeïn, Curare und Chinin umzustimmen, sei es indem ich das Thier vergiftete oder abgetrennte Hautstücke mit starken Giftlösungen (1 : 100 bis 1 : 500) benetzte, blieben erfolglos. Electrische Reizung der Haut hatte ein circumscriptes Abblassen zur Folge und ebenso wirkte das Bestreuen mit Kampherpulver, welches der einzige Effect gewesen ist, welchen ich mit den beim Farbenwechsel der Eledone so erfolgreich angewandten Substanzen bei Platessa erzielen konnte. Noch problematischer waren die Versuchsergebnisse an Solea vulgaris und Rhombus maximus.

regelt, die Erweiterung und Verengung der Pupille, die Accommodation an dem menschlichen Auge versieht".

Anhang.

Ueber die Wirkungen anderer organischer Gifte auf die Oberflächenfärbung von Eledone moschata.

Anhangsweise möchte ich einiger Versuche mit anderen Alkaloïden Erwähnung thun, welche aber viel schwieriger einer Erklärung zugängig sind als die besprochenen. Die Wirkung, welche diese Stoffe an Eledone hervorrufen, sind, wie es scheint, mehr allgemeiner Art, und das meist wechselvolle Vergiftungsbild gestattet selten eine erfolgreiche Combinationsvergiftung mit anderen Alkaloïden. Möglicherweise könnten aber meine Beobachtungen späteren Untersuchern nützlich sein und sich dadurch die Aufzählung derselben entschuldigen lassen.

Curare. Während *J. Bernstein*[1]) keine Wirkung des Curare bei Muscheln nachweisen konnte, bewirkt nach *J. Steiner*[2]) die Curareinjection bei Helix pomatia eine fast momentane Lähmung des Centralorgans der willkürlichen Bewegung. Erinnernd an eine beim Frosch gemachte Beobachtung *Kölliker*'s, glaubt *Steiner*, diese Wirkung durch die Annahme einer directen Injection des Curare in's Blut verständlicher zu machen, und weist auf eine Angabe *Siebold*'s, die sich auf die lacunären Blutbahnen der Cephalopoden bezieht, hin, um seine Ansicht weiterhin zu stützen. Ich hatte mich schon früher von der Richtigkeit der *Steiner*'schen Beobachtung an Helix pomatia überzeugt

---

[1]) *J. Bernstein*, De animalium vertebratorum musculis nonnulla. Berolini. 1862. p. 30.

[2]) *J. Steiner*, Ueber die Wirkung des amerik. Pfeilgiftes Curare. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1875. S. 145.

und war deßhalb nicht wenig überrascht, als ich bei *Klemensiewicz*[1]) las, daß er weder durch subcutane Curareinjection, noch durch Einbringen von Thieren in curarehaltiges Meerwasser an Eledone einen Erfolg erzielen konnte.

Meine an einigen Muscheln (Lithodomus, Mytilus, Arca), Gastropoden (Helix, Doris) und Cephalopoden (Eledone) ausgeführten Versuche mit Curare bestätigen in den Hauptpunkten die Beobachtungen aller drei Forscher, so sehr dieselben unter sich auch differiren. *Bernstein*'s erste Angabe nicht ausgeschlossen, an deren Richtigkeit er später selbst gezweifelt zu haben scheint[2]).

Nach unseren jetzigen Erfahrungen wirkt das Curare in der That auf Gastropoden viel energischer als auf Cephalopoden und Lamellibranchiaten.

Unsicher ist die Wirkung auf Eledone. Bisweilen trat bei diesem Dintenfische nach Injection von 1—2 mgr. Curare oder nach einem längeren Aufenthalte in einer $^1/_2$-procentigen Curarelösung (10 gr. Curare gelöst in 2 Liter frischem Meerwasser) der Tod ein, und der spiralige Einschlag der Arme, die in diesen Fällen constant eingetretene Bräunung der Thiere verbürgen, daß die Curarewirkung auch an Eledone auf keine Lähmung motorischer Nervenendapparate bezogen werden kann. Ebensowenig werden diese Symptome als Folge einer centralen Lähmung verständlich zu machen sein. Das Vergiftungsbild ist jedenfalls ein complicirtes, und die Störungen centralen Ursprungs lassen sich schwer von den directen Wirkungen auf die peripheren Theile trennen; denn vom übrigen Cephalopodenkörper abgetrennte Hautstücke nehmen in $^1/_2$-procentiger Curarelösung ebenfalls eine Braunfärbung an, und obgleich sich dieselbe oft auch nicht Stunden lang erhält, so gelingt es doch selbst die

[1]) *R. Klemensiewicz*, a. a. O., S. 34.

[2]) Vergl. *Steiner*, a. a. O., S. 171.

durch Strychnin oder Atropin weiß gewordene Cutis durch Einlegen in eine Curarelösung umzufärben. Das durch Curare gebräunte Hautstück wird durch Kampher sehr rasch gebleicht.

Salpetersaures Muscarin, von *Merck* bezogen und nach dessen Zuschrift aus Fliegenschwämmen (nicht synthetisch) dargestellt, veränderte bei lebenden Eledonen nach Injection von circa 1—3 mgr. sichtlich nur das Colorit einzelner Körpertheile (Augengegend, Injectionsstelle), indem sich hier allmählich eine starke Bräunung ausbildete. Auf separirte Hautstücke war eine etwa 1-procentige Muscarinlösung ohne wahrnehmbareren Einfluß als Meerwasser oder destillirtes Wasser.

Veratrin. Die Injection von 2 mgr. salzsauren Veratrins hatte den Tod zur Folge. Die Farbe der Haut des durch Veratrin vergifteten Dintenfisches war bei meinen Versuchen stets braun, nur die Injectionsstelle blieb meist weiß gefärbt. Es sprechen die Vergiftungssymptome für eine centrale Wirkung.

Coffeïn. Nach Injection von 0,01 gr. Coffeïn wurden die Eledonen stets braun. An der Injectionsstelle bemerkte ich keine abweichende Färbung.

Physostigmin übte als schwefelsaures Salz in einer Verdünnung von 1 : 200 auf die Chromatophoren einzelner Hautstücke keinen bestimmbaren Effect aus.

Pikrotoxin. Die durch Pikrotoxin vergifteten Eledonen sind weiß. Nach Injection von Nicotin bräunen sie sich; die Injectionsstelle nimmt zwar sehr allmählich und oft auch nur unvollständig die ursprüngliche Bräunung wieder an.

Modell zur Erläuterung der Form-Veränderungen an den Chromatophoren.

(Taf. I, Fig. 1 u. 2.)

In Fig. 1 ist die Vorderseite des Modells skizzirt, an welchem ich in meinen Vorträgen die Veränderungen des Contractionszustandes am Pigmentkörper der Cephalopoden demonstrirt habe. Ein ovaler Bilderrahmen[1]) wurde mit weißem Zeichnenpapier ausgefüllt, um den Formwechsel an der in der Mitte des Rahmens angebrachten Gummischeibe auch auf eine größere Entfernung hin sichtbar zu machen. Als Repräsentanten der Radiärfasern befestigen sich an der Gummiplatte, durch welche die Chromatophore versinnlicht wird, acht gleichlange durch Eosin oder Carmin gefärbte Schnüren. Letztere sind durch die acht, ihren Befestigungspunkten an der Gummischeibe entsprechend angebrachten Löcher im Rahmen gezogen und, wie aus Fig. 2 (der Rückseite des Modells) ersichtlich, an der Stelle, wo der zum Ziehen bestimmte Ring eingeschürzt ist, mit einander verbunden.

Die Gummischeibe wird durch zweckmäßig in den Schnüren angebrachte Knoten (auf der Rückseite des Modells unmittelbar vor den Oeffnungen im Rahmen sichtbar) fixirt. Ein Zug am Ringe des festgestellten Modells bewirkt auf der Schauseite eine die Contraction der Radiärfasern nachahmende Verkürzung der Schnüren und in Folge dessen eine sternförmige Expansion der Gummischeibe. Läßt der Zug nach, so kehrt die Gummiplatte durch ihre Elasticität in ganz derselben Weise, wie man es von der Chromatophore annimmt, zu ihrer Scheibenform zurück.

[1]) Der Rahmen umspannt bei meinem Modelle eine ovale Fläche, deren größter Durchmesser 0,385 und deren kleinster 0,335 Meter beträgt. Die Gummischeibe hat 0,150 Meter im Durchmesser.

Ueber den Verdauungsmodus der Actinien.

Die Ernährung der Elementarorganismen, der lebenden Zellen erfolgt durch Resorption und Assimilation. Während die Diffusion ein wechselseitiger Vorgang ist, indem der durch die Membran eingetretenen Lösung stets eine ganz bestimmte Menge ausgetretener Flüssigkeit entspricht, können sich die intracellulare Einnahme und Ausgabe unabhängiger von einander stellen. Sie können temporär verschieden energisch erfolgen, sie können mehr oder weniger local differenzirt sein; nichts spricht aber für die Auffassung, der gemäß die locale Differenzirung so weit vorgeschritten ist, daß einige Zellen ausschließlich die Secretion, andere ausschließlich die Resorption besorgen. Jede lebende Zelle bildet ihre Ausscheidungsproducte, mögen diese an die äußere Oberfläche abfließen oder ihren Weg durch benachbarte Zellenterritorien und durch abgeschlossene Gänge und Canäle im Körper finden, jede lebende Zelle muß resorbiren, mag sie ihre Nahrung unmittelbar von außen aufnehmen oder sich von den Transsudaten anderer Zellen ernähren. Die Resorption ist eine Allgemeinerscheinung des Lebendigen, und nur die sie im Dienste der Ernährung complicirenden Verhältnisse variiren in der Reihe der Pflanzen und der Thiere.

So kann eine chemische Veränderung der Nahrung bereits extracellular durch enzymatische Verdauungssecrete stattfinden, und die Verdauungsproducte alsdann der Resorption anheimfallen. Es könnte in anderen Fällen diese chemische Transformation aber auch erst intracellular geschehen, der Resorption

nachfolgen und alsdann durch Enzyme oder durch (geformte) Fermente, deren Wirkung nicht außerhalb des Organismus erfolgt, bewirkt werden. Es ließe sich ferner denken, daß Unterschiede auch insofern vorkommen, als die intracellularen Verdauungsproducte aus den Zellen entweder direct in den Darm oder in benachbarte Zellen und in vollständig von der Außenwelt abgeschlossene Körperhöhlen übertreten. Endlich können mechanische Vorrichtungen, die beißend, saugend, zerreibend oder vorwärts bewegend auf die aufgenommene Nahrung wirken, zu weiteren Complicationen der Ernährungswerkzeuge führen. Die Assimilation —, d. i. für uns das den lebenden Organismen zukommende Vermögen, die von außen aufgenommene Nahrung in die für jede Art typischen Körperbestandtheile umzuwandeln, — erlaubt z. Z. noch keine speciellere Erörterung.

Die Variationen des Nutritionsprocesses bei den lebenden Formen lassen sich folgendermaßen übersichtlich gruppiren:

1) Ausschließliche Ernährung durch Resorption und Assimilation.
2) Den Resorptions- und Assimilationsvorgängen gesellt sich die Verdauung hinzu.

   Die Verdauung geschieht:

   a) mittelst enzymatischer Secrete in Behältern, welche mit der Außenwelt in Verbindung stehen.
   b) intracellular durch Enzyme.
   c) intracellular durch geformte Fermente.

3) Mechanisch wirkende Einrichtungen erleichtern die Resorption der Speisen.
4) Verdauung und mechanisch arbeitende Werkzeuge wirken außer der Resorption und Assimilation bei der Ernährung mit.

Die Zusammenordnung der Zellen zu Geweben und Organen, die Entwicklung zu multicellulären Organismen bestimmen nicht nothwendig den Modus der Ernährung. Da auch feste Körper von Cytoden umflossen werden, auch eine intracellulare Ver-

dauung möglich und die Contraction des Protoplasmas die einfachste Form mechanisch wirkender Einrichtungen ist, so braucht sich die Ernährungsweise mit einer morphologischen Differenzirung und Vervollkommnung nicht qualitativ zu verändern. Definiren wir, wie es mir rathsam erscheint, Resorption als die intracellulare Aufnahme von fremden Substanzen, Verdauung als die Verwandlung unlöslicher in lösliche Stoffe durch die Fermente der Organismen und Assimilation als den Aufbau des organisirten Substrates aus dem resorbirten Materiale, dann haben wir fast alle Modificationen, welche die Ernährungsvorgänge bei Pflanzen und Thieren zeigen, auf ein einheitliches Princip zurückgeführt; denn unbedeutend bleibt die Zahl der weniger entwickelten Formen, denen eine Verdauung (in unserem Sinne) fehlt.

Erst nachdem die Begriffe der Resorption, der Assimilation und der Verdauung bestimmter gefaßt sind, kann ein Verständniß der zahlreichen Absonderlichkeiten angestrebt werden, zu denen die experimentellen Untersuchungen geführt hatten. Als solche darf ich vielleicht folgende Ergebnisse bezeichnen:

1) Peptisch wirkende Secrete ohne nachweisbaren Enzymgehalt der sie bildenden Gewebe (z. B. bei Drosera).
2) Enzyme in drüsenartigen Geweben ohne enzymatische Secrete (Cölenteraten).
3) Nicht nachweisbare, saure Reaction pepsinhaltiger Secrete (Verdaungssaft mehrerer Würmer) oder pepsinhaltiger Gewebe (Plasmodium von Aethalium), da ohne die Gegenwart freier Säure dieses Enzym keine Wirkung auf Eiweißstoffe entfalten kann.
4) Verschiedene Enzyme in Secreten, deren Reaction die Wirkungsfähigkeit einiger derselben erheblich verzögert, abschwächt oder selbst verhindert (Verdauungssaft mancher Arthropoden).
5) Enzyme bei Kaltblütern, deren Körperwärme weit unter der

Temperatur zurückbleibt, bei welcher die enzymatische Wirkung ihr Maximum erreicht (Magensaft der Fische).

6) Verflüssigung fester Eiweißstoffe durch niedere Organismen ohne nachweisbare Enzyme (Bacterien) und selbst durch unorganisirte, organische Substanzen ohne enzymatischen Character (coagulirtes Eiergelb).

Einige dieser Punkte waren von mir in meinen früheren Schriften[1]) schon mehrfach berührt; die Klarlegung und das genaue Studium derselben werden aber wohl noch lange zu den anziehendsten Aufgaben der vergleichenden Physiologie der Ernährung gehören, und meine neuesten Untersuchungen über den Verdauungsvorgang der Actinien werden dazu nur einen kleinen Beitrag liefern.

Ich habe schon darauf hingewiesen, daß bei allen Wirbellosen, bei denen sich enzymatische Verdauungssecrete finden, man diese fast zu jeder Zeit, sicherlich aber im Stadium der Verdauung im Digestionstractus in reichlicher und sehr wirksamer Menge antrifft. Nichts diesem Verhalten Aehnliches findet sich bei den Cölenteraten, denn die geringe Menge Schleim auf der entodermalen Fläche ist nichts anderes als wie die Flüssigkeit, welche bei vielen Arten nicht weniger reichlich die Außenfläche des Mauerblattes überzieht. Ferner hatte ich berichtet, daß durch das Körpergewebe von Actinia mesembryanthemum gezogenes rohes Fibrin verdaut wird, daß sich aus den Wandungen des cölenterischen Raumes keine Enzyme gewinnen lassen und endlich fand ich, daß bei Anthea der wässrige Auszug von den drüsigen Gebilden, welche frei an die Oberfläche treten können und meist als Geschlechtsdrüsen gedeutet waren, sich tryptisch äußerst wirksam erweist. Ich stellte damals die Darmverdauung mittelst enzymatischer Secrete der

[1]) Untersuchungen aus dem physiol. Institute der Universität Heidelberg. Band I, Heft 4. Band II, Heft 1, 3 u. 4.

Ernährung durch eine cellulare Veränderung des resorbirten Materiales gegenüber und faßte die Ergebnisse meiner Studien in dem Satze zusammen: **„Der Organismus der Cölenteraten kennt nur eine Ernährung per resorptionem“.** Die Versuche von *Lewes* und *Couch* an Actinien[1]), die Angabe von *Claus*[2]), daß das Epithel des cölenterischen Raumes bei Charybdea marsupialis ganz den Eindruck des resorbirenden Dünndarmepithels der Wirbelthiere macht, boten einen weiteren Anhalt für meine Auffassung.

Es lag mir daran, die früher referirten Versuche von *Lewes* und *Couch* selbst zu wiederholen, was ich bei meiner Anwesenheit auf Helgoland wegen der Kleinheit der dortigen Actinia mesembryanthemum —, welche sich, wie ich mich später überzeugte, zu diesen Versuchen überhaupt schlecht eignet, — unterlassen mußte. Ausgedehnte Versuchsreihen sind von mir bei meinem letzten Triestiner Aufenthalte in der von *Lewes* und *Couch* zuerst ausgeführten Weise an verschiedenen Zoantharien unternommen, und es mögen meine gelungensten Fütterungsversuche hier tabellarische Mittheilung finden[3]).

---

[1]) *Lewes, G. H.*, Naturstudien am Seestrande. Uebersetzt von *J. Frese.* Berlin, 1859. S. 198 ff.

[2]) *Claus, C.*, Untersuchungen über Charybdea marsupialis. Arb. a. d. Zool. Inst. d. Univ. zu Wien. Heft 3. 1878. S. 221—276.

[3]) Aeußerst selten behalten die Actinien das Mullsäckchen längere Zeit bei sich. Actinia mesembryanthemum warf es stets sehr bald wieder aus, während, wie die Tabelle zeigt, der Versuch bei Sagartia, Cerianthus und Anthea unter etwa 80—90 Fällen wenigstens einige Male gelang. Die von mir deßhalb eingeschlagenen Operations-Verfahren (Abschnürung des cölenterischen Raumes durch eine unterhalb der Tentakeln angelegte Ligatur oder Fixation des Mullbeutels im cölenterischen Raume mittelst eines Fadens, welcher an einem auf der Fußplatte ruhenden Holzstäbchen befestigt war) ließen in ihren Resultaten meist keine bedeutendere Abweichungen von den Erfolgen der Fütterungen ohne operativen Eingriff erkennen. Ihrer Einfachheit wegen verdienen sie entschieden den Vorzug.

Tabelle I.

Fütterungsversuche mit gekochtem, in einen Beutel von feinem Mull eingebundenem Fibrin.

Nummer des Versuches.	Namen der Actinie.	Gewicht des in Mull eingebundenen Fibrins in Grammen.	Gewicht des Fibrins nach dem Aufenthalte im Thiere.	Dauer des Verweilens des mit Fibrin gefüllten Mullbeutels im Thiere.	Gewichtsverlust des Mullbeutels an Fibrin während seines Aufenthaltes im cölenterischen Raume.	Bemerkungen über Fütterungs- und Operationsverfahren.	Beurtheilung der Befunde.
1.	Sagartia troglodytes.	0,219.	0,2115.	40 Stunden.	0,0075.	wie Nr. 4 der Tabelle II.	Nichts verdaut. Fibrinverlust innerhalb der Fehlergrenze liegend.
2.	dito.	0,115.	0,132.	40 Stunden.	0,017 Gewichtszunahme.	ohne operativen Eingriff.	
3.	Sagartia parasitica.	0,163.	0,1606.	40 Stunden.	0,0024.	wie Nr. 4 der Tabelle II.	
4.	dito.	0,100.	0,093.	40 Stunden.	0,007.	dito.	
5.	Anthea cereus.	0,170.	0,152.	40 Stunden.	0,018.	dito.	
6.	dito.	0,108.	0,093.	40 Stunden.	0,015.	dito.	

Tabelle II.

Fütterungsversuche mit rohem, in einen Beutel von feinem Mull eingebundenem Fibrin.

Nummer des Versuches.	Namen der Actinie.	Gewicht des in Mull eingebundenen Fibrins in Grammen.	Gewicht des Fibrins nach dem Aufenthalte im Thiere.	Dauer des Verweilens des mit Fibrin gefüllten Mullbeutels im Thiere.	Gewichtsverlust des Mullbeutels an Fibrin während seines Aufenthaltes im cölenterischen Raume.	Bemerkungen über Fütterungs- und Operationsverfahren.	Beurtheilung der Befunde.
1.	Sagartia troglodytes (großes Exemplar).	0,258.	0,255.	48 Stunden.	0,003.	ohne operativen Eingriff.	Fibrinverlust innerhalb der Fehlergrenze liegend.
2.	dito.	0,17.	0,076.	36 Stunden.	0,094.	dito.	Mehr oder minder sicher eingetretene Fibrinverdauung.
3.	dito.	1,244.	1,05.	20 Stunden.	0,194.	dito.	
4.	dito.	0,251.	0,13.	32 Stunden.	0,121.	Mittelst eines durch die Actinie hindurchgezogenen feinen Fadens war das Mullsäckchen im cölenterischen Raume fixirt.	
5.	dito.	0,675.	0,231.	32 Stunden.	0,444.	dito.	
6.	dito.	0,412.	0,108.	25 Stunden.	0,304.	dito.	
7.	dito.	0,23.	0,000.	28 Stunden.	0,23.	dito.	

8.	dito.	0,315.	0,000.	22 Stunden.	0,315.	ohne operativen Eingriff.	Mehr oder minder sicher eingetretene Fibrin-verdauung.
9.	Anthea cereus.	0,68.	0,36.	24 Stunden.	0,32.	wie Nr. 4.	
10.	dito.	0,42.	0,00.	30 Stunden.	0,42.	dito.	
11.	Cerianthus cylindricus.	0,45.	0,280.	20 Stunden.	0,170.	ohne operativen Eingriff.	
12.	dito.	0,280.	0,255.	40 Stunden.	0,025.	dito.	wie Nr. 1.
13.	dito.	0,08.	0,035.	34 Stunden.	0,045.	wie Nr. 4.	Ein Theil des Fibrins unzweifelhaft verdaut.
14.	dito.	0,275.	0,1.	30 Stunden.	0,175.	dito.	
15.	Actinia mesembryan-themum.	0,27.	0,29.	46 Stunden.	0,02 Ge-wichts-zunahme.	dito.	Nichts verdaut.
16.	dito.	0,1.	0,1.	16 Stunden.	0,0.	dito.	
17.	dito.	0,175.	0,19.	46 Stunden.	0,015 Ge-wichts-zunahme.	Unterbindung der Tentakeln.	

Tabelle III.

Fütterungsversuche mit rohem Fibrin in einer Federspule.

Nr. des Versuches.	Namen der Actinie.	Gewicht des in die Federspule locker eingefüllten Fibrins.	Gewicht des Fibrins nach dem Aufenthalte im Thiere.	Dauer des Verweilens der Federspule im cölenterischen Raume.	Gewichtsverlust des Fibrins während seines Aufenthaltes im Thiere.	Länge der Federspule in Millimetern.	Zahl der seitlichen Einschnitte in der Spule. (Die Spulen waren an beiden Enden offen).	Bemerkungen über Fütterungs- und Operationsverfahren.	Zur Beurtheilung der Befunde.
1.	Cerianthus cylindricus.	0,8.	0,27.	50 Stunden.	0,53.	67.	14.	ohne operativen Eingriff.	Das Fibrin von Mesenterialfäden dicht durchzogen.
2.	dito.	0,09.	0,10.	40 Stunden.	0,01 Gewichtszunahme.	34.	8.	Unterbindung der Tentakeln.	Innerhalb der Fehlergrenze liegend.
3.	dito.	0,1.	0,1.	32 Stunden.	0,0.	33.	6.	dito.	Nichts verdaut. (Nr. 3–4)
4	dito.	0,27.	0,27.	24 Stunden.	0,00.	32.	6.	ohne operativen Eingriff.	
5.	Anthea cereus.	0,268.	0,195.	48 Stunden.	0,068.	38.	9.	dito.	Fibrin stellenweise von vielen Mesenterialfäden umwunden.
6.	dito.	0,366.	0,347.	42 Stunden.	0,019.	26.	7.	dito.	Nichts verdaut. Differenzen innerhalb der Fehlergrenze liegend. (Nr. 6–9)
7.	dito.	0,578.	0,612.	40 Stunden.	0,034 Gewichtszunahme.	67.	14.	dito.	
8.	dito.	0,410.	0,392.	36 Stunden.	0,018.	34.	8.	dito.	
9.	dito.	0,456.	0,422.	24 Stunden.	0,034.	59.	13.	dito.	

Der Gewichtsverlust an rohem Fibrin ist in mehreren Fällen, wo dasselbe in einem Beutel aus feinem Mull gefüttert wurde, zu bedeutend (Tab. II, No. 3, 5, 6 u. 9), als daß er auf die unvermeidlichen Fehlerquellen bei der Wägung bezogen werden könnte, und da die Gewichtsbestimmung stets an dem stark ausgepreßten Fibrin vorgenommen wurde, ist auch die Ansicht von *Couch* [1]), nach welcher der von ihm bei Fleischfütterung ebenfalls beobachtete Gewichtsverlust auf ein Auspressen des Saftes bezogen wird, für die Erklärung meiner Ergebnisse unzulässig. Die Resultate der Versuche 7 und 8 lehren auf's Ueberzeugendste, daß das rohe Fibrin aus den Mullsäckchen in dem cölenterischen Raume von Sagartia troglodytes vollständig verschwinden kann, und diese beiden Versuchsergebnisse würden allein schon maßgebend sein. Wenn ich trotzdem noch einige aus der großen Anzahl meiner Fütterungsversuche in der Tabelle aufgenommen habe, so geschah das nur, um dafür Belege zu liefern, daß die Fälle, wo das Fibrin aus dem Mullsäckchen nach einem längeren Aufenthalte im cölenterischen Raume ganz verschwunden ist, sehr selten und die Resultate meist zweideutige sind.

Man könnte sich leicht durch die positiven Ergebnisse dieser Fütterungsversuche zu dem Schlusse berechtigt glauben, daß wenigstens bei Sagartia (und ganz ähnlich verhält sich auch Anthea cereus) die Verdauung mittelst enzymatischer Secrete erfolgt; aber nichts wäre verkehrter als wie dieses. Nie gelang es mir (vorausgesetzt, daß das Fibrin und der Mull frei waren von abgerissenen Mesenterialfilamenten!), von den Mullsäckchen oder von den in ihm enthaltenen und scheinbar angedauten Fibrinfäden, welche tagelang im cölenterischen Raume dieser Actinien verweilt hatten, einen tryptisch oder peptisch wirkenden Auszug zu erhalten. Nie gelang es ferner, wie meine früheren und von mir jüngst oft wiederholten Versuche lehrten, eine Ver-

[1]) *Lewes, G. H.*, a. a. O., S. 209.

dauung von Eiweißsubstanzen mit der schleimigen Masse des cölenterischen Raumes bei den günstigsten Temperaturen (38 bis 40° C.) auszuführen.

Betrachtet man die Mullsäckchen, aus denen das Fibrin während eines längeren Verweilens im cölenterischen Raume ganz oder theilweise verschwunden ist, näher, dann sieht man sie dicht überzogen von abgerissenen Mesenterialfilamenten, flottirenden Gebilden, welche sich den eingeführten Fremdkörpern dicht anschmiegen und selbst äußerst feine Poren durchdringen. Diese Fäden waren von mir in Uebereinstimmung mit *Delle Chiaje*, *Cuvier*, *Wagner*, *Quatrefages*, *Owen* u. A. früher als Geschlechtsdrüsen aufgeführt, und ihr reicher Gehalt an tryptischem Enzym konnte deßhalb nur meine Verwunderung erregen. Einige Autoren haben sie als Gallengefäße oder Secretionsorgane aufgefaßt, und *Heider* [1]) meint, daß durch ihre Anordnung zu langen runden Schnüren sowohl die Anzahl derselben wie das zu liefernde Secret bedeutend vermehrt werden. Aber ein enzymatisches Secret ist nicht nachweisbar; es bedarf zur Verdauung stets des innigsten Contactes der Speise mit den Mesenterialfilamenten, und deßhalb liegt in ihrer Anordnung zu langen flottirenden Fäden, welche außerdem eine große Selbständigkeit in ihren Bewegungen bekunden, der Hauptpunkt für ihr richtiges Verständniß.

Meine Bestrebungen, die Wirkungsweise dieser Fäden durch die mikroskopische Untersuchung klarer zu stellen, blieben erfolglos. Sie behielten unter dem Mikroskop zwar noch stundenlang ihre Beweglichkeit bei, aber ein Effect auf das Fibrin ist selbst bei 300facher Vergrößerung und stundenlanger Beobachtung nicht wahrnehmbar gewesen. Bedarf es doch schon einer großen Anzahl von Filamenten und einer wiederholten Mischung

---

[1]) *v. Heider*, *A.*, Sagartia troglodytes, ein Beitrag zur Anatomie der Actinien. Sitzungsb. d. k. Acad. d. Wiss. zu Wien. Bd. LXXV. Heft IV. Abth. I. 1877. S. 412.

derselben mit dem Fibrin, um in einem Uhrgläschen nach Stunden eine deutliche Wirkung zu erzielen. Auch bei dem letzterwähnten Versuche zeigt sich mit Evidenz, daß das Fibrin nur an den Stellen innigster Berührung durch die Mesenterialfäden erweicht und verflüssigt wird. Wären es Secrete, die in diesem Falle die Verdauung herbeiführen, so müßten sich nothwendig die Enzyme bei dem häufigen Drehen und Wenden der Fäden in dem Wasser, in welches das Fibrin bei diesen Versuchen eingetaucht war, gleichmäßiger vertheilen und das Fibrin würde gleichmäßig zerfallen; das geschieht aber nicht, sondern das Fibrin wird, wie ich glaube, resorbirt, von den Zellen selbst vielleicht unter Mitwirkung des trypsinähnlichen Enzymes verdaut, die Verdauungsproducte alsdann nach außen hin abgegeben, um unter normalen Verhältnissen von dem Zellenbelag des cölenterischen Raumes abermals resorbirt zu werden. Für diesen Thatbestand sprechen nicht nur die von mir bereits hervorgehobenen Befunde bei den verschiedensten Actinien, sondern auch die bei den Medusen, wo es nach *Fritz Müller*'s[1]) (Tamoya) und meinen (Turris) Untersuchungen die Randfäden sind, welche in ganz derselben Weise wie die Mesenterialfäden bei den Zoantharien die Verdauung der Eiweißstoffe besorgen. Auch bei den Medusen werden voraussichtlich die cellularen Verdauungsproducte nach außen hin abgegeben und erfahren im cölenterischen Raume durch die dem Dünndarmepithel so ähnlichen Zellen eine abermalige Resorption. Auch meine Versuche und die neuesten histologischen Untersuchungen an verschiedenen Spongien beweisen, daß bei diesen Cölenteraten die Rindensubstanz verdaut, und widersprechen somit ebenfalls der Annahme von enzymatischen Secreten bei den Cölenteraten. Die an den Spongien gewonnenen Ergebnisse verdienen auch noch insofern

---

1) *Müller, F.*, Die Magenfäden der Quallen. Z. f. wiss. Zool. Bd. IX. 1858. S. 542.

Beachtung, als sie die Unwahrscheinlichkeit einer von mir anfangs gehegten Vermuthung darthun. Es ließe sich nämlich denken, daß die Vermischung enzymatischer Secrete mit dem Meerwasser durch den Schleim, welcher constant die Gewebe der Actinien und Medusen befeuchtet, verhindert werde, und daß nur aus diesem Grunde die Verdauungssäfte bei den Cölenteraten von uns nicht nachgewiesen werden konnten. Da bei vielen Spongien (z. B. Suberites domuncula) sich aber nichts von schleimigen Hüllen vorfindet, und das Fibrin trotzdem von ihren äußeren Zellenschichten nicht langsamer als von den Actinien verdaut wird, so fehlt auch dieser Vermuthung jede thatsächliche Stütze.

Das Epithel der Mesenterialfäden von Sagartia besteht nach *Heider* aus einzelligen grobgranulirten Drüsenzellen, Flimmerzellen und aus zweierlei Arten von Nesselkapseln. Es blieb zu untersuchen, welche Zellenart sich bei der Verdauung vorzugsweise oder ausschließlich betheiligt, ob die Verdauung nur durch die Mesenterialfilamente oder auch durch andere Zellen des Actinienkörpers besorgt werden kann. Die Tentakeln, auf der ectodermalen Seite reich an Nesselkapseln und an scharf contourirten einzelligen Drüsen mit grobkörnigem Inhalt, auf der entodermalen Fläche flimmernd, versprachen einige Aussicht, tiefer in diese Fragen einzudringen.

Ich schnitt einer außerordentlich großen Anthea cereus einige Tentakeln ab, füllte sie schnell mit lockeren Stückchen rohen Fibrins, band den mit Fibrin gefüllten Tentakelschlauch an der Schnittfläche zu und bewahrte die wurstartige Masse 48 Stunden lang in einem mit Meerwasser gefüllten Uhrgläschen auf. Dieser Versuch, achtmal mit größter Sorgfalt an den Tentakeln von Anthea wiederholt und auch auf Sagartia troglodytes ausgedehnt, ergab, daß binnen dieser Zeit an dem eingestopften rohen Fibrin absolut keine Quellung und keine Gewichtsabnahme

zu constatiren ist, obgleich die Tentakeln ihre Beweglichkeit lange Zeit bewahrt hatten. Bedeckte ich das mit frischem Meerwasser benetzte rohe Fibrin mit den soeben vom lebenden Thiere abgeschnittenen Tentakeln und schützte das Ganze während der Versuchsdauer sorgfältig vor Verdunstung, so war in keinem Falle auch nur eine Andeutung von eingetretener Verdauung an dem Fibrin wahrzunehmen. In gleicher Weise negativ fielen meine entsprechenden Versuche mit Theilen der Fußplatte, des Mauerblatts und der Innenwand bei Anthea cereus aus, und ich schließe aus diesen Ergebnissen, daß das Vermögen Eiweißsubstanzen zu verdauen, nur den Mesenterialfilamenten zukommt, daß es ferner nicht auf die Nesselkapseln oder deren Secrete bezogen werden darf.

Nach diesen Erfahrungen befremdet es nicht mehr, daß ich das Fibrin auch dann regelmäßig verschwinden sah, wenn ich es durch das Mauerblatt oder die Fußplatte dicht unter der Ectodermis hindurchführte, ja daß es, wie ich jetzt hinzufügen kann, selbst in feinen Mull gewickelt bisweilen (bei Sagartia troglodytes, Anthea cereus) an diesen Stellen verschwindet. Treten doch durch die geringfügigsten Verletzungen der Körperwand sogleich die Mesenterialfäden hervor, und bei den Sagartien finden sich sogar zahlreiche über die Oberfläche des Mauerblatts zerstreute Oeffnungen, durch welche die Mesenterialfäden auch unter normalen Verhältnissen entsendet werden.

Der mit einem darmartig ausgezogenen cölenterischen Raum, ja selbst mit einem Analporus versehene Cerianthus schien mir das günstigste Object für meine Fütterungsversuche abzugeben. Aus der Tabelle und aus meinen anderen dort nicht aufgeführten Versuchen, deren Resultate mit denen, welche an den übrigen Zoantharien gewonnen wurden, übereinstimmen, ergibt sich, daß auch Cerianthus keiner Verdauung mittelst enzymatischer Secrete fähig ist. Auch diese Arten werden die

Beute mit den Mesenterialfilamenten umstricken, die Nahrung resorbiren und cellular verdauen, die Verdauungsproducte nach außen hin abgeben, um sie von den Zellen des Darmschlauches abermals resorbiren zu lassen.

Wie nahe der lebende Zelleninhalt der Mesenterialfäden sich mit der eiweißhaltigen Kost in Contact befinden muß, damit diese verdaut wird, inwiefern man diesen Verdauungsmodus als einen intra- oder extracellularen zu bezeichnen hat, entzieht sich jeder Beurtheilung. Es ist meines Erachtens nur bewiesen, daß es zur Verdauung des Fibrins der nahen Berührung mit den lebenden Mesenterialfäden bedarf, und daß diese bei Anthea und Sagartia ein trypsinähnliches Enzym enthalten, das nicht in Form eines Secretes abgegeben wird. Erschwert man den Zutritt der Filamente zu dem Fibrin, indem man es in Federspulen schiebt, so vermindert sich sein Gewicht nach tagelangem Verweilen im cölenterischen Raume der Actinien (Cerianthus, Anthea) nur dann, wenn die Mesenterialfäden einen Weg durch die Spule finden und sich dem Fibrin dicht anlegen. Meine Bemühungen, gekochtes Fibrin von den Actinien verdauen zu lassen, blieben erfolglos.

Die Erfahrungen, welche ich über die Ernährung der Actinien in der Gefangenschaft besonders an den raubgierigen weißen Sagartien gesammelt habe, weichen von den Resultaten der künstlichen Fütterung nicht ab. Wiederholt bemerkte ich, daß Sygnathen und Palaemonarten tagelang von den Sagartien umschlungen gehalten wurden, und daß nur an den von den Mesenterialfilamenten umstrickbaren Körperstellen das Verdauliche später verschwunden war. Nie fand ich z. B., daß bei den Sygnathen die Kiemen, zu denen enzymatische Secrete äußerst leicht hätten Zugang finden müssen, angedaut und nur die zerquetschten Palaemoniden waren ihrer Weichtheile beraubt. Immer blieb es mir zweifelhaft, wie viel von der Beute

durch eine einfache Selbstverdauung und wie viel durch die Thätigkeit der Mesenterialfäden seitens der Sagartia verflüssigt war.

Rohes Fibrin und rohe Fleischstückchen, welche ohne Hülle gefüttert sind, werden von den Actinien —, wovon man sich an den größeren und gefräßigeren Arten (Anthea, Sagartia) leicht überzeugen kann, — aber sehr wohl verflüssigt, d. h. es werden diese Eiweißstoffe durch die lebenden Zellen als solche in lösliche Substanzen übergeführt und nicht durch enzymatische Secrete. Zwar bedarf es zur Verdauung der Fibrinfäden von kaum 1/2 Zoll Länge und von Federkieldicke im günstigsten Falle selbst mehrerer Stunden; aber die Effecte sind sichtbar genug, als daß man sie mit *Lewes* und *Couch* durch ein bloßes Aussaugen des Fibrins oder des Fleisches erklären könnte.

So seltsam mir diese Thatsachen auf den ersten Blick erscheinen mußten, so zahlreich sind die Analogieen, welche sie zwar nicht verständlich, aber weniger wunderbar machen. Auf Zusatz sehr verschiedener organischer Substanzen, welche man durch anhaltendes Kochen jeder enzymatischen Wirkung beraubt hat, durch Bacterien, Vibrionen, in denen nichts von Enzymen aufgefunden wurde, läßt sich rohes Fibrin oft in noch kürzerer Zeit verflüssigen, als es in oder vor dem cölenterischen Raume durch die Mesenterialfilamente der Actinien oder durch die Randfäden der Medusen geschieht. Immer bleibt zu bedenken, daß wegen der großen Stundenzahl, nach deren Verlauf endlich eine Wirkung bemerkbar wurde, kein einziges Resultat meiner zahlreichen in den Tabellen aufgeführten Versuche überhaupt beweisend für die Annahme einer enzymatischen (extra- oder intracellularen) Verdauung ist. Wenn einigermaßen kräftige Enzyme wirken, so läßt der Erfolg höchstens 4—6 Stunden auf sich warten, und diese Zeit dürfen Versuche kaum überschreiten, wenn durch dieselben eine enzymatische Wirkung irgendwie vor-

wurfsfrei bewiesen werden soll. Eine cellulare Verdauung durch ein trypsinähnliches Enzym könnte man für Sagartia und Anthea nur deßhalb als wahrscheinlich annehmen, weil der wässrige oder Glycerinauszug der Mesenterialfilamente von diesen Arten rohes Fibrin oft äußerst rapide (binnen $^1/_2$ — 1 Stunde) bei 38—40° C. verdaut. Der wässrige Auszug der Mesenterialfäden von Cerianthus cylindricus enthält in sehr wirksamer Menge ein peptisches Enzym (rohes Fibrin wurde bei 38° C. in $^1/_2$ — 1 Stunde in 0,2 procentiger Salzsäure vollständig verdaut); aber ein tryptisches scheint darin ganz zu fehlen (Unwirksamkeit auf rohes Fibrin in 1—2-procentiger, nicht thymolisirter Sodalösung bei 38° C. während 24—30 Stunden), wenigstens gelang es mir nicht, ein solches aus den Filamenten durch Wasser, 1—2-procentige Sodalösung oder durch Glycerin zu extrahiren.

Die für jede einzelne Art speciell und genau (durch Controlversuche genügend gestützt!) untersuchte Reaction der Zellen an den Mesenterialfilamenten ist ein nothwendiges Erforderniß, um über die Bedeutung dieser Enzyme weitere Gewißheit zu erhalten. Die auch jüngst von *Richet*[1]) bei Actinia crassicornis angewandte Methode der Fütterung mit Farbstofflösungen dürfte in Verbindung mit der mikroskopischen Untersuchung der Gewebe von so gefütterten Actinien gute Dienste leisten. Mir war es z. Z. nicht vergönnt, eingehendere Versuchsreihen in dieser Richtung anzustellen; die wenigen Erfahrungen, welche ich bisher über die Reaction lebender Gewebe bei den Cölenteraten sammeln konnte, werden sich später, wenn ich dieselben durch fortgesetzte Untersuchungen vervollständigt habe, besser interpretiren lassen. Hervorgehoben sei nur noch, daß das von den Botanikern zuerst in Anwendung gebrachte Verfahren, die normale Reaction des Zelleninhaltes aus seinem natürlichen Colorit zu erschließen, uns auch wichtige Anhaltspunkte für die

[1]) *Richet*, Recherches sur le suc gastrique. Paris. 1878. p. 85.

Entscheidung der Frage, ob gewisse Gewebe der Cölenteraten sauer oder alkalisch reagiren, zu liefern verspricht.

Die Destruction gesunder Gewebe durch carcinomatöse Herde[1]), die physiologische Resorption und Entkalkung des Knochen- und Zahngewebes durch Myeloidzellen[2]), die Resorption der Thromben und fibrinöser Membranen in der lebenden Gefäßbahn oder den inneren Körperhöhlen, die Erweichung des Schädeldaches durch die Coenurus cerebralis-Blasen, die histolytischen Vorgänge in der postembryonalen Entwicklung der Musciden (*Weismann*) und kleiner Milben (*Megnin*), die Verflüssigung der Reservestoffe in Pflanzen und in Thieren, die Ernährungsweise der Amöben und viele andere sowohl normale wie pathologische[3]),

---

[1]) So bemerkt auch *Samuel* (Handb. der allg. Pathol. etc. Stuttgart. 1877. S. 18), „daß beim Krebs die Intensität der Gewebszerstörung bis zur Knochenperforation kaum nur auf mechanische Wachsthumskräfte zurückzuführen sein dürfte“.

[2]) *Kölliker* (Würzburger Verhandlungen 1872, 2. März. Die normale Resorption des Knochengewebes, 1873) fand, daß die der Resorption anheimfallenden Knochen und Zähne eine feingrubige Oberfläche (*Howship*'sche Lacunen) zeigen. In welcher Weise die Riesenzellen oder Osteoklasten die Resorption des Knochen- und Zahngewebes herbeiführen, ist unbekannt. Auch an Elfenbeinstiften, welche in lebende Knochen eingetrieben waren, konnte man die durch die Riesenzellen veranlaßten Erosionen nachweisen; was aber das Primäre ist, die Lösung der Kalksalze oder der Schwund des organischen Substrates, des sog. Knochenknorpels, oder ob thatsächlich beides gleichzeitig der Lösung und Verflüssigung unterliegt, weiß man nicht. Auf diesen Punkt kommt es aber für uns ganz besonders an. *Rustizky* (*Virchow*'s Archiv, Bd. LIX. 1874. S. 223) zeigte zwar, daß die Osteoklasten sauer reagiren, auf den Nachweis von Enzymen in ihnen war jedoch die Forschung bislang noch nicht gerichtet. Daß auch protoplasmatische Gebilde reich an Enzymen sein können, lehrt mein Nachweis (Ueber ein pept. Enzym im Plasmodium der Myxomyceten etc. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II, Heft 3, S. 273) eines peptischen Enzymes im Plasmodium von Aethalium septicum.

[3]) Schon *Traube* warf die Frage auf, ob das Verschwinden der sonst so widerstandsfähigen elastischen Fasern bei Lungenbrand nicht die Folge eines eigenthümlichen, vielleicht den Verdauungsenzymen ähnlichen Fer-

intestinale[1]) wie extraintestinale[2]) Processe bei den höher organisirten Formen, mit denen der Verdauungsmodus der Cölenteraten mehr oder weniger Uebereinstimmendes bieten wird, können dem weiteren Forschen in dieser Richtung als sichere Leitsterne dienen.

---

mentes sei, und *W. Filehne* (Erlanger phys.-med. Sitzungsber. 1877, 11. Juni) will in der That eine enzymatische Wirkung mit dem Filtrate des Auswurfs zweier an Lungenbrand leidender Kranken und mit dem Glycerinauszuge des Auswurfs erhalten haben.

[1]) Die Beobachtungen *v. Thanhoffer*'s (*Pflüger*'s Archiv. Bd. VIII. S. 391) an den Darmepithelzellen vom Frosch sind hier von ganz besonderem Interesse. *Thanhoffer* sah die protoplasmatischen Fortsätze dieser Zellen fortwährend eingezogen und ausgestreckt werden, so daß sie ganz analog den Pseudopodien vieler Cytoden durch Protoplasmabewegung die Nahrungsstoffe aufnehmen. *L. Edinger* (Arch. f. mikr. Anat. Bd. VIII) konnte bei Aal, Hecht, Karpfen, Näßling, Schleie und Barsch diese Fortsätze ebenfalls beobachten, doch gelang es ihm nicht, ihre Bewegungen zu sehen. *P. Schiefferdecker* (Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Bd. VIII [N. F., Bd. I] 1874. S. 483), der in seiner Abhandlung über die Nahrungsaufnahme bei den Taenien auch an *Thanhoffer*'s Beobachtungen erinnert, findet bei Cestoden, welche er mit einem umgekehrten Darmcanale vergleicht (a. a. O., S. 480), nichts den Fortsätzen des Zellenprotoplasma Analoges. Nach ihm treten die Nahrungsstoffe aus dem Vorrathe des Wirthes in den Bandwurm durch die Porencanälchen der äußeren Cuticularschichten ein. Nicht unwichtig für das Verständniß des Verdauungsmodus bei den Cölenteraten scheint mir auch das Ergebniß der Untersuchungen von *Metschnikoff* (Zoolog. Anzeiger, Jahrg. I, S. 387) über die Verdauungsorgane einiger Süßwasserturbellarien zu sein. *Metschnikoff* kam nämlich zu dem Schlusse, „daß es auch unter den mit einem ganz gesonderten Darmcanal versehenen Turbellarien solche gibt, welche als wahre „Parenchymatiker“ ihre Nahrung aufnehmen und verdauen“.

[2]) *Billroth* (Die allgem. chirurg. Pathol. und Therapie. 8. Aufl. 1876. S. 52) sah z. B. den in der Wunde liegenden Theil des Catgut (d. s. Darmseiten, die in Oel liegen und dadurch geschmeidig werden) zuweilen schon in drei Tagen resorbirt werden, und *Bretonneau* (*Schützenberger*, Die Gährungserscheinungen. Leipzig. 1876. S. 267) gibt an, „daß Fleisch gleich gut wie im Magen verdaut werden kann, wenn es durch eine Wunde unter die Haut gebracht wird“. Wie ich schon früher (Ueber die Enzymbildung etc. Unters. aus dem physiol. Inst. zu Heidelberg. Bd. II. S. 339) referirend bemerkte, konnte Pepsin sowohl von *Brücke* in Blut, Harn und Muskeln als von *Kühne* im Ochsenhirn und in mehreren Drüsen bei Säugern nachgewiesen werden.

Weitere Studien über die Verdauungsvorgänge bei Wirbellosen.

(Hierzu Taf. I. Fig. 3 und 4.)

Mehrere Gründe veranlaßten mich, die Untersuchungen über die Verdauung auch an Vertretern höherer Typen unter den Wirbellosen fortzusetzen. Warten doch auf dem Gebiete der vergleichenden Physiologie der Verdauung die interessantesten Fragen noch ihrer Lösung; nur die Klarstellung derselben ist das Werk der allerjüngsten Zeit. Sicheren Erfolges gewärtig bleibt z. B. zu untersuchen, ob die von mir entdeckten enzymatischen Verschiedenheiten zwischen den Lebern nahe verwandter Wirbelloser auch histologisch ihren Ausdruck finden, ob die Complication der Leberfunction bei Mollusken, Arthropoden und Würmern auch mikroskopisch wahrnehmbar ist. Das gründliche Studium der als verschieden erkannten Enzyme (Isotrypsin, Homaropepsin, Helicopepsin etc.), der durch ihre Einwirkung aus den Eiweißsubstanzen entstandenen Verdauungsproducte — alles Untersuchungen, welche auch für das Verständniß der Constitution der Albuminate von großer Wichtigkeit werden können, — dürften selbst ein allgemeines Interesse in Anspruch nehmen. Bevor ich aber unternahm, in diesen Richtungen thätig zu sein, wollte ich mir über einige andere Punkte Gewißheit verschaffen, welche zwar nur für die Orientirung über das Gesammtgebiet einige Bedeutung beanspruchen können.

Nachdem ich gezeigt und bestimmt hervorgehoben habe[1]),

[1]) Ueber die Verdauungsvorgänge bei den Cephalopoden, Gastropoden und Lamellibranchiaten. Unters. a. d. phys. Inst. Heidelberg. Bd. II. Heft 4. S. 411.

daß die Lebersecrete verschiedener Vertreter ein und desselben Typus eine gewisse Uebereinstimmung in ihrer enzymatischen Wirkung besitzen, daß beispielsweise das Isotrypsin bei Würmern und Asteriden vorkommt, das Trypsin der Arthropoden sich kaum von dem der Wirbelthiere unterscheiden wird, das Homaropepsin hingegen eine Eigenthümlichkeit der Arthropoden zu sein scheint, war es wohl zeitgemäß, die Versuche auf vermittelnde Glieder der einzelnen Typen auszudehnen. Als solche werden z. B. unter anderen die Gephyreen und Chitoniden angesehen, von denen mir aber nur letztere zur Verfügung standen.

Der Glycerinauszug verschiedener Chitonen (Chiton squamosus und verwandte Arten) besaß in 0,2-procentiger HCl bei 40° C. eine kräftige (peptische) Wirkung auf rohes Fibrin; binnen 1—2 Stunden war die Fibrinflocke regelmäßig gelöst, und in dem Dialysate der verdauten Masse waren reichlich Peptone durch Kupfervitriol und Natronlauge nachweisbar. Ich wiederhole, was ich bereits in einer meiner ersten Abhandlungen[1]) angedeutet habe, daß sich durch Selbstverdauung in wässriger oder Sodalösung aus den Lebern der von mir in dieser Weise untersuchten (etwa 30) Molluskenarten verschiedenster Classen nur selten einigermaßen wirksame enzymatische Auszüge gewinnen lassen[2]); meist tritt, wenn überhaupt eine Lösung des rohen Fibrins erfolgt, dieselbe erst nach mehreren Stunden ein, so daß in allen Fällen die Gly-

---

[1]) Vergl. physiol. Beiträge zur Kenntniß der Verdauungsvorgänge. Unters. a. d. physiol. Institute d. Universität Heidelberg. Bd. II. S. 4.

[2]) Es ist nöthig, hierauf abermals hinzuweisen, weil z. B. *Jousset* (Recherches sur le foie des Mollusques céphalopodes. Compt. rend., T. LXXXVIII. 1879. S. 304), vollkommen unbekannt mit meinen Arbeiten, seinen Versuchen, bei welchen eine Wirkung erst nach vielen Stunden erfolgte, einen großen Werth beimißt und durch diese den Beweis für die längst durch meine Untersuchungen bekannt gewordene Thatsache geliefert erachtet, daß die Leber auch bei den Cephalopoden den enzymatischen Verdauungssaft secernirt.

cerinextraction bei Mollusken den Vorzug verdient. Reich ist das Leberglycerinextract der Chitonen an Diastase (innerhalb zweier Stunden war aus gekochter Stärke eine reichliche Menge von Zucker gebildet, welcher durch die *Trommer*'sche und *Böttcher*'sche Probe nachgewiesen wurde), deren Nachweis mir leicht gelang, da der gekochte Auszug, welcher zur Controle diente, keine die Kupfervitriollösung bei Natronzusatz reducirende Stoffe enthielt. Ein trypsinähnliches Enzym war in dem Leberglycerinauszuge nicht nachzuweisen; die Flocke rohen Fibrins erwies sich nach 30-stündiger Digestion bei 38—40° C. in dem mit 2-procentiger nicht thymolisirter Sodalösung verdünnten Leberglycerinauszuge unverändert. — In den enzymatischen Eigenschaften der Verdauungssäfte gleichen demnach die Chitonen der Mehrzahl der Mollusken und unterscheiden sich durch den Mangel eines tryptischen Enzymes auffällig von allen in dieser Hinsicht untersuchten Würmern.

Da meinen Ergebnissen über die An- oder Abwesenheit eines tryptischen Enzymes in den Lebern von Fischen und Mollusken unberechtigter Weise von *Luchhau* und *Fredericq* insofern widersprochen war, als ersterer den Trypsingehalt der Karpfenleber in Zweifel zog, letzterer eine trypsinähnliche Wirkung mit dem Leberauszuge von Mytilus edulis erhalten haben wollte, so schenkte ich dem Trypsinnachweis meine ganz besondere Aufmerksamkeit.

Viele den lebenden Mollusken entnommene Lebern legte ich sofort in eine große Menge (1—2 Liter) 90-procentigen Alkohols, der Tags darauf erneuert wurde; entfettete dann weiterhin die Lebern nach *Kühne*'s Vorschrift vollständig durch Behandlung mit Aether und unterwarf sie später in bekannter Weise der Selbstverdauung. Der so gewonnene wässrige 2 % Soda enthaltende Auszug der Lebern von Pinna squamosa, Turbo rugosus, Helix variabilis und Ostrea lamellosa ließ (ohne Thy-

molzusatz) bei 40° C. nach 30 Stunden keine Wirkung auf rohes Fibrin erkennen, und in den übrigen Verdauungsgemischen (Mytilus edulis, Arca Noae) war erst am nächsten Morgen, wo die Flüssigkeiten bereits zu faulen anfingen, eine Auflösung des Fibrins wahrzunehmen, obgleich die Versuche früh um 8 Uhr angesetzt und Abends 10 Uhr noch einmal controlirt waren. Der gleichfalls nach der *Kühne*'schen Selbstverdauungsmethode angefertigte wässrige Auszug von Doriopsis limbata schien in der That eine trypsinähnliche Wirkung zu besitzen; von ihm wurde rohes Fibrin innerhalb 4—5 Stunden regelmäßig verdaut.

Ich freue mich in Tethys fimbria endlich einen Mollusken gefunden zu haben, dessen Leberglycerinextract jeder peptischen Wirkung in 0,1—0,2-procentiger Salzsäure entbehrt. Es gelang mir nicht, rohes Fibrin bei 40° C. durch das Glycerinextract dieser Lebern bei erwähntem Salzsäuregehalte selbst ohne Salicylsäurezusatz zu verdauen. Reich war dasselbe an Diastase und an einem trypsinähnlichen Enzym, dessen Wirkung sich an rohem Fibrin auch nach Thymolzusatz innerhalb 1—2 Stunden in der 2-procentigen Sodalösung bei 40° C. documentirt. Hier haben wir abermals ein Beispiel, welches zeigt, daß überall da, wo Enzyme in irgendwie wirksamer Menge vorhanden sind, es auch gelingen muß, kräftige enzymatische Auszüge zu erhalten!

Ich durfte nicht unterlassen, die *Fredericq*'schen Versuche an Lumbricus zu wiederholen, um sicher erkennen zu können, wo der Fehler bei seinem Operiren lag[1]). Etwa 60 Stück große Regenwürmer, theilweise Prachtexemplare, wurden (etwas abwei-

[1]) Vergl. *Krukenberg*, Notizen zur Literatur über die vergl. Physiologie der Nutritionsprocesse. Unters. aus dem physiol. Inst. der Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 418.

Die Erklärung *Hub. Ludwig*'s von den in einer meiner früheren Arbeiten erwähnten Darmanhängen bei Cucumaria, der am Schlusse dieses Aufsatzes gedacht wurde, ist, wie ich hier bemerken will, unrichtig. Meine Nachuntersuchung hat ergeben, daß mir nothwendig eine Mißbildung am

chend von *Fredericq*'s Vorschrift, nach der dieselben in einem Mörser verrieben werden) fein zerhackt, und die Hälfte des nicht sehr delicaten Breies in 1—2 Liter 90-procentigen Alkohols geschüttet. Der Weingeist wurde nach zwei Tagen erneuert und nachdem abermals eine Woche verflossen, während der das Gemisch fast täglich durchgeschüttelt war, zum dritten Male durch dieselbe Menge 90-procentigen Alkohols ersetzt. Nur so konnte ich sicher sein, daß die Gewebe durch eintretende Alkoholverdünnung keine Einbuße an Enzymen erlitten, daß keine Fäulnißorganismen sich in dem Präparate ansiedelten. Als ich mich nach 2—3 Wochen zur Abreise rüstete, wurde der Alkohol abfiltrirt, die Lumbricidenrückstände auf flachen Tellern getrocknet und so transportabel gemacht. Die andere Hälfte des Breies wurde mit Glycerin verrieben auf die Reise gegeben. Auf Zusatz weniger Tropfen des Glycerinextractes zu dem in 0,2-procentiger Salzsäure gequollenen Fibrin, war das Fibrin bereits nach 50 Minuten bei 38—40° C. ganz verflüssigt und nach $1^1/_2$ Stunden eine vollständige Verdauung eingetreten. In dem Salzsäureauszuge der mit Alkohol und Aether behandelten Gewebe von Lumbricus blieb die peptische Wirkung allerdings hinter der des Glycerinextractes zurück; aber die Verzögerung betrug bei meinen Versuchen nicht mehr als 1—3 Stunden, so daß nach 4—5 Stunden die Verdauung des rohen Fibrins stets vollendet war. Es ist mir nach diesen Ergebnissen höchst wahrscheinlich, daß *Fredericq* mit verdorbenem, vielleicht schon in Fäulniß übergegangenem Materiale gearbeitet hat, was mir nach seiner Schilderung der Präparate nicht gerade wunderbar erscheint. Ganz den an den

---

Darm vorgelegen haben muß. Bekanntlich wird bei Holothuria tubulosa der Darm nach äußeren Insulten häufig ausgestoßen, bei Cucumaria hingegen zerreißt er nur. Durch eine abnorme Verheilung so entstandener Darmfragmente werden die Divertikel entstanden sein, welche ich früher für normale Gebilde ansah, und deren Deutung mir zweifelhaft blieb.

südeuropäischen Lumbricusarten gewonnenen Ergebnissen entsprechende lieferten meine Untersuchungen an Lumbricus terrestris und Asteracanthion glacialis. Ich erhielt von Lumbricus terrestris abermals Glycerinauszüge, die in kurzer Zeit ($^1/_2$—1 Stunde) rohes Fibrin in 0,1—0,2-procentiger Salzsäure bei 38—40° C. vollständig verdauten, und die Fibrinverdauung durch das Glycerinextract von Asteracanthion glacialis erforderte keine längere Zeit.

In der Hoffnung bei ein oder dem anderen Mollusken, Wurme, Arthropoden oder Echinodermen von dem Bekannten abweichende Verhältnisse anzutreffen, dehnte ich meine Untersuchungen auf einige andere bislang unberücksichtigt gelassene Arten aus. Neue Gesichtspunkte sind durch diese Arbeiten nicht gewonnen, doch da dieselben für rein histologische Untersuchungen Werth haben könnten, sei ihrer kurz Erwähnung gethan[1]).

Der Glycerinauszug des durch sorgfältiges Auswaschen gereinigten Verdauungstractus von Spirographis Spallanzanii besitzt eine starke isotryptische Wirkung, während der Gehalt desselben an peptischem Enzym unbedeutend ist. Die große Flocke rohen Fibrins wurde bei 40° C. in 2-procentiger Sodalösung während 25—40 Minuten, in 0,2-procentiger Salzsäure hingegen erst in 7—8 Stunden unter Bildung von Peptomen verdaut. Außerdem scheint sich darin viel Diastase zu finden, welche aber wegen der Gegenwart von reducirenden Substanzen im Glycerinauszuge nicht exact nachgewiesen werden konnte.

Durch die dialytisch gereinigten Glycerinextracte von Pinnotheres pisum, Pagurus maculatus und Eriphia spinifrons war nach zweistündiger Digestion bei 40° C. aus gekochter Stärke

[1]) Um Wiederholungen zu vermeiden, sei in Bezug auf die Ausführung meiner Versuche an das in meinen früheren Mittheilungen (Unters. aus dem physiol. Instit. der Univ. Heidelberg. Bd. I, Heft 4. Bd. II, Heft 1, 3 u. 4) Gesagte erinnert.

reichlich Zucker gebildet; in dem nicht der Dialyse unterworfenen Glycerinauszuge der Hummerleber vermißte ich aber auch dieses Mal das diastatische Enzym. Die durch Selbstverdauung aus den Hummerlebern gewonnenen enzymatischen Flüssigkeiten wirkten in nicht thymolisirter 2-procentiger Sodalösung erst nach 5—6 Stunden bei 38—40° C. tryptisch auf rohes Fibrin. Die Paguruslebern enthielten vorwiegend Trypsin; die Wirkung des Homaropepsins in dem Leberglycerinauszuge machte sich in 0,2-procentiger Salzsäure erst nach 2—3 Stunden an rohem Fibrin geltend, während die Fibrinflocke in 2-procentiger Sodalösung schon binnen 1/2 Stunde verdaut wurde. Das Glycerinextract von 25—30 Pinnotheres zeigte während 3 Stunden nur in 0,2-procentiger Salzsäure eine Wirkung auf rohes Fibrin; das Fibrin in dem auf einen Gehalt an 2% Soda gebrachten Verdauungsgemische ließ im Laufe des Tages keine tryptische Wirkung sicher erkennen.

Mit dem Leberglycerinauszuge von Ophioglypha tecturata war eine peptische Wirkung bei 40° C. in 0,2-procentiger Salzsäure innerhalb 30 Stunden nicht zu erzielen; in 2-procentiger Sodalösung wurde davon rohes Fibrin in kurzer Zeit unter Bildung von Peptonen verdaut. Ebenso verhielt sich der Leberglycerinauszug von Astropecten pentacanthus. Auf Zusatz weniger Tropfen des Leberglycerinextractes von Astropecten platycanthus ließ sich rohes Fibrin bei 40° C. in 0,2-procentiger Salzsäure innerhalb 5—6 Stunden, in 2-procentiger Sodalösung innerhalb einer Stunde verdauen und theilweise in Peptone überführen. Diastase war in den Leberglycerinauszügen aller dieser Seesterne enthalten; sie wurde in bekannter Weise von mir nachgewiesen, und die Zuckerreaction gelang besonders leicht bei Ophioglypha und Astropecten pentacanthus, weil bei diesen Arten die zur Controle dienenden gekochten Proben keine Substanzen enthielten, welche die Kupfersalzlösung bei Natronzusatz desoxydiren.

Der Leberglycerinauszug von Helix variabilis wirkt in

0,2-procentiger Salzsäure bei 40° C. auf rohes Fibrin rasch peptonisirend, und nicht unbeträchtlich ist sein Diastasegehalt. Die fast schwarze Farbe des Leberglycerinauszuges von Tethys fimbria erlaubte nicht über sein diastatisches Verhalten schlüssig zu werden.

Von ganz besonderer Bedeutung mußte für die vergleichende Physiologie der Ernährungsvorgänge das genaue Studium der Verhältnisse bei den Spongien sein. Seitdem die Schwämme als multicelluläre Organismen erkannt waren, als ihre Organisation eingehender untersucht und über ihre Fortpflanzung und Entwickelung Licht verbreitet war, theilte man sie den Cölenteraten zu. Der ausgesprochene Sarcode- und amöbenartige Charakter vieler den Schwammkörper aufbauender Zellen lassen die eigentliche Cölenteratennatur noch in ihrer reineren Form erscheinen.

Auch den Spongien haben viele einen Magen und Verdauungssäfte zuerkannt, doch sind hier die Stimmen, welche sich gegen dieses Vorgehen erhoben, stets zahlreicher gewesen als in der übrigen Cölenteratenanatomie. Seit den Versuchen von *Cavolini*, *Grant*, *Lieberkühn* und *Carter* hat die Auffassung, nach der das Wasser und die in ihm suspendirten Partikelchen durch die Dermalporen ein- und durch die Oscula, die sog. Kloaken, austreten, entgegen der Angabe von *Miclucho Macley*, daß ein wechselndes Ein- und Ausströmen des Wassers durch die Oscula geschehe, ziemlich allgemeinen Eingang gefunden. Nur mit Vorsicht sind diese Versuchsergebnisse aber für das Verständniß der Verdauungs- und Resorptionsvorgänge zu verwerthen.

Schon bei Cerianthus machte ich auf ein Organisationsverhältniß aufmerksam, welches mit dem Digestionstractus höherer Thiere viel anatomisch Gemeinschaftliches bietet; die langgestreckte Form des cölenterischen Raumes, der sog. Analporus mußten jedem Beobachter die Existenz enzymatischer Verdauungssäfte bei diesen Actinien sehr wahrscheinlich machen. Alle experimentellen Be-

obachtungen scheinen mir jedoch dafür zu sprechen, daß nur Wasser und die Geschlechtsproducte, keine Fäcalmassen durch den sog. Analporus bei Cerianthus ausgestoßen werden, daß demnach eine Analogie dieses in seiner Form modificirten cölenterischen Raumes und seiner aboralen Oeffnung mit den ähnlichen Theilen des Digestionstractus höherer Thiere nicht besteht. Die Ableitung der Geschlechtsproducte, die Abfuhr des geathmeten Mediums, die Communication der Leibesflüssigkeit mit der Umgebung führen in der Thierreihe zu nicht weniger schlauchförmigen Bildungen, als die Verarbeitung der aufgenommenen festen Nahrung.

Die physiologischen Experimente haben zu entscheiden, welche Function den mit der Außenwelt in offener Verbindung stehenden Höhlen und Canälen zukommt, und die einfache Beobachtung der Durchspülung vom äußeren Medium muß zur Entscheidung dieser Fragen als unzureichend erachtet werden. Auch die bloße Kenntniß der Richtung des eintretenden Luft- oder Wasserstromes führt nicht zu ihrer Lösung.

Die bei den Actinien von mir zuerst in Anwendung gebrachten Methoden der Fibrinfütterung versprachen mehr Aussicht auf Erfolg, und bei einigen Spongien konnte thatsächlich ein solcher nach diesen Verfahren erzielt werden. Bevor ich jedoch zur Besprechung meiner Fütterungsversuche übergehe, sei der Resultate Erwähnung gethan, welche in früher beschriebener Weise über den Gehalt und die Natur der Spongienenzyme von mir weiterhin erhalten wurden.

Es waren bisher nur Schwämme zur Untersuchung gelangt, welche auf die Eiweißstoffe ausschließlich peptisch wirkende Glycerinauszüge geliefert hatten; eine trypsinähnliche Wirkung war mit Spongienauszügen noch nicht sicher erhalten. Möglicherweise konnte dieses negative Ergebniß in der Extraction begründet sein, und ich wiederholte deßhalb meine Verdauungsversuche

an Suberites domuncula mit den nach *Kühne*'s Vorschrift durch Alkohol- und Aetherextraction lebend zerhackter Suberiten erhaltenen Trockenpräparaten, welche in wässriger oder 2-procentiger Sodalösung bei 40° C. der Selbstverdauung unterworfen wurden. Es fehlte den so zubereiteten Verdauungsgemischen jede tryptische Wirkung; denn die eingelegte Flocke rohen Fibrins erwies sich noch nach 24—30 Stunden unverändert, und auch ein peptisches Enzym vermochte ich durch 0,1-procentige Salzsäure aus den Trockenpräparaten nicht zu extrahiren. Suberites lobatus, flavus und massa, Tethya Lyncureum, Geodia gigas wurden in derselben Weise verarbeitet, und nur die von Suberites massa und Suberites lobatus erhaltenen Auszüge äußerten auf einen Gehalt an 2 % Soda gebracht nach zwei Stunden an rohem Fibrin bei 40° C. eine trypsinähnliche Wirkung, die dem Schwammgewebe allem Anscheine nach selbst zukommt und schwerlich auf Verunreinigungen zu beziehen ist. Von Krebsen, Würmern, welche zahlreich die verzweigten Suberitencolonieen bewohnen, waren die zur Untersuchung verwandten, stets lebenden Schwammtheile durch Auseinanderbrechen und Auswaschen sorgfältig gereinigt, und auffallen muß es, daß gerade von den Suberiten (S. massa und lobatus), in deren Geweben ein trypsinähnliches Enzym von mir allein nachgewiesen werden konnte, angefertigte Glycerinextracte ebensowenig wie die Auszüge der Trockenpräparate eine peptische Wirkung auf rohes Fibrin erkennen ließen, welche den Glycerinauszügen keiner anderen von diesen Spongien fehlte. In Hinsicht auf die entsprechenden Ergebnisse meiner Untersuchungen an zwei anderen Schwämmen (Sykon raphanus, Reniera porosa) bin ich deßhalb der Ansicht, daß Suberites massa und lobatus thatsächlich durch die trypsinähnliche Natur ihres Enzymes von anderen nahe verwandten Suberiten abweichen; ob dieses eigenthümliche Verhalten jedoch ein Charakter der Art ist,

werden Versuchsreihen an mehreren Individuen verschiedenen Vorkommens erst zu zeigen haben.

Die Prüfung auf Enzyme verlangt bei den Spongien eine gewisse Auswahl der Arten zu treffen. Zerschlitzte, mit runzeliger Oberfläche versehene oder weiche Formen eignen sich zu derartigen Untersuchungen sehr schlecht, und nur die compacten, fester gefügten Arten mit glatter Hautdecke, welche frei von parasitischen Gebilden sind, gewähren die genügende Sicherheit vor fremden Einschlüssen. Meine Untersuchungen blieben, um nach dieser Seite hin vorwurfsfrei zu sein, auf eine geringe Anzahl von Formen beschränkt; nur auf wenige Fibrospongien, die dieser Forderung nicht genügten, aber mit größter Sorgfalt gereinigt waren, wurden meine Versuche vergleichsweise ebenfalls ausgedehnt. Von allen jetzt mitzutheilenden Ergebnissen gilt in gleicher Weise wie für die früheren, daß sie stets an lebend rasch zerhacktem, in reinem Glycerin conservirtem Materiale ausgeführt wurden.

Der Glycerinauszug von Geodia gigas besitzt, wie ich schon früher[1]) bemerkte, als ich über das Vorkommen eines peptischen Enzymes in den Geweben von Suberites domuncula, Hircinia variabilis und Chondrosia reniformis berichtete, eine pepsinähnliche Wirkung auf rohes Fibrin. Wenige Tropfen des Glycerinextractes genügten, um die Verdauung des Fibrins bei 40° C. in 0,2-procentiger Salzsäure während einer Stunde unter Bildung von Peptonen zu bewerkstelligen. Eine Wirkung in wässeriger oder 2-procentiger Sodalösung auf rohes Fibrin bei 38—40° C. fehlte sowohl dem Glycerinauszuge als auch dem einer Selbstverdauung unterworfenen Trockenpräparate.

Die Glycerinextracte von Suberites flavus wirkten innerhalb 24 Stunden bei 40° C. in 2-procentiger Sodalösung nicht

[1]) Ueber die Enzymbildung in den Geweben und Gefäßen der Evertebraten. Unters. a. d. physiol. Inst. der Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 339.

tryptisch auf rohes Fibrin, wohl aber wurde dieses bei einem Gehalte des Verdauungsgemisches an 0,2 % freier Salzsäure in 12 Stunden gelöst.

Tethya Lyncureum, eine Fibrospongie, welche sich ihrer compacten Structur wegen nicht weniger gut als Suberites domuncula, Chondrosia reniformis und Geodia gigas zu meinen Versuchen eignete, wurde, bevor ich sie zerkleinerte, von den meist der Oberfläche anhaftenden Muschelfragmenten befreit und durch gelindes Ausdrücken mit der Hand ihres im expandirten Zustande großen Wassergehaltes beraubt. Der Glycerinauszug mit 2-procentiger Sodalösung genügend verdünnt, wirkte binnen 24 Stunden bei 40° C. nicht tryptisch auf rohes Fibrin, und auch von einem peptischen Enzyme schien er wenig zu enthalten, da die rohe Fibrinflocke erst nach 5—8 Stunden in 0,2-procentiger Salzsäure verdaut wurde.

Aplysina aërophoba, so schnell als möglich fein zerhackt und mit Glycerin verrieben, vertauschte sehr bald ihre schöne gelbe Farbe mit einer tief dunkelvioletten. Einer 2-procentigen Sodalösung zugesetzt, trat eine starke Schwarzfärbung ein, und die Beobachtung war in dieser Dinte nicht leicht auszuführen. Meine oftmaligen Wiederholungen des Versuches lassen jedoch keinen Zweifel an dem Fehlen eines trypsinähnlichen Enzymes in Aplysina aufkommen, denn an der rohen Fibrinflocke waren nach 30-stündigem Aufenthalte in der mit dem Glycerinauszuge versetzten 2-procentigen Sodalösung keine Anzeichen einer eingetretenen Verdauung wahrzunehmen. Ein peptisches Enzym fehlt auch bei Aplysina nicht; die rohe Fibrinflocke wurde bei 40° C. binnen drei Stunden in 0,1—0,2-procentiger Salzsäure verdaut.

Um auch einen Kalkschwamm auf seinen Enzymgehalt untersucht zu haben, sammelte ich etwa 50—60 Stück der auf den Tangen der Adria häufigen Sykonen, reinigte und zerklei-

nerte sie rasch, verrieb sie mit Glycerin und fand das so gewonnene Extract ohne Wirkung auf rohes Fibrin in 0,1—0,2-procentiger Salzsäure. Aber die Wirkung des Glycerinauszuges bei Sodazusatz war deutlich genug, als daß man an der Gegenwart eines trypsinähnlichen Enzymes zweifeln könnte. In 2—3 Stunden war nach Zusatz einiger Tropfen des Glycerinextractes die rohe Fibrinflocke in 2-procentiger Sodalösung unter Bildung von Peptonen verdaut.

Reniera porosa (eine Verdauung der Flocke rohen Fibrins erfolgte bei 40° C. innerhalb 2 Stunden) und Tedania digitata (rohes Fibrin wurde innerhalb 4—6 Stunden gelöst) enthielten auch ein trypsinähnliches Enzym und waren wie Sykon frei von peptischem.

Viele Rindenschwämme erlauben eine Sonderung anatomisch verschiedener Theile. Bei Stenetta Wagneri, Ancorina verrucosa konnte leicht die derbere Rinde von dem schwammigen Centraltheile getrennt, und so beides gesondert der Glycerinextraction unterworfen werden. Diese Versuche, deren Ausdehnung auf andere geeignete Arten sehr erwünscht sein würde, lieferten bei Stenetta und Ancorina nicht die erwarteten Verschiedenheiten in den Resultaten. Der Glycerinauszug des Centraltheiles von Ancorina enthielt reichlich ein peptisches (die Wirkung erfolgte auf rohes Fibrin in 1—2 Stunden), kein trypsinähnliches Enzym, während das Glycerinextract der Rinde, ebenfalls frei von tryptischem Enzym, nur langsam (in etwa 5 Stunden) rohes Fibrin in 0,1-procentiger Salzsäure bei 40° C. unter Bildung von Peptonen verdaute. Der Glycerinauszug der Centralpartie von Stenetta Wagneri verhielt sich, wie der des Centraltheiles von Ancorina verrucosa; er entbehrte einer fibrinverdauenden Wirkung bei alkalischer oder neutraler Reaction und verdaute in 0,2-procentiger Salzsäurelösung rohes Fibrin in sehr kurzer Zeit. Das Glycerinextract der Rinde von Stenetta Wagneri

weicht von dem Verhalten des Glycerinauszuges der centralen Partie in der Intensität der peptischen Wirkung nicht ab, und eine Fibrinverdauung tryptischer Art fehlte auch diesem Auszuge.

Ueber die Bedeutung der eiweißverdauenden Enzyme in den Spongien versuchte ich von verschiedenen Gesichtspunkten aus einen Aufschluß zu erhalten.

Wie sich viele Mollusken (Lithodomus lithophagus, Gastrochaena Polii[1]), Pholas dactylus ect.) und Anneliden (z. B. Sabella terebrans, saxicola etc.) in Steine einbohren, so siedeln sich auch manche Schwämme (Vioa, Thoassa) in festem Kalkfelsen an, und man vermuthet, daß saure Secrete sie dazu befähigt machen. Mir ist aber ebensowenig wie anderen Untersuchern bei Vioa der sichere Nachweis einer sauren Reaction geglückt, und es muß deßhalb fraglich bleiben, ob die Zertrümmerung der Gesteine durch die Bohrschwämme auf mechanischem oder chemischem Wege erfolgt.

Um sein weiches Postabdomen vor Feinden zu schützen, sucht sich der Krebs Pagurus schon in früher Jugend, wenn er noch außerordentlich klein ist, ein leeres Gastropodengehäuse auf, in dem er seinen Hintertheil verbergen und in das er sich bei nahender Gefahr zurückziehen kann. Doch später wird die Wohnung, die er im Schneckengehäuse gefunden, für ihn zu klein,

---

[1]) Gesetzt, es sei durch die Experimente von *Cailliaud*, *Robertson* u. A. wahrscheinlich geworden, daß einige Bohrmuscheln durch mechanisch wirkende Mittel die Gesteine aushöhlen, so ist es doch nicht erlaubt, dieses Versuchsergebniß ohne Weiteres auf alle bohrenden Bivalven zu übertragen. Die Wandungen (in den von mir beobachteten Fällen aus dem harten Kalksteine des Karst bestehend) der von Gastrochaena Polii ausgearbeiteten Höhlungen weichen bei allen 6 mir zur Beobachtung gelangten Präparaten in ihrem Aussehen wesentlich von dem unveränderten Gesteine ab. Sie machen theils den Eindruck eines lockeren Gefüges, theils erscheinen sie mehr krystallinisch und ihrer Structur nach den Kammerwänden fossiler Ammoniten nicht unähnlich. Möglicher Weise werden wir darin keine Schalenbildung sondern den Effect ätzender Secrete zu sehen haben.

und er ist genöthigt, sich mit Lebensgefahr eine größere Behausung zu suchen. Besser ist der Pagurus gestellt, wenn sich auf der ihm als Wohnstätte dienenden Gastropodenschale ein Suberites angesiedelt und dieselbe rings umwachsen hat[1]). In diesem Falle hat der Krebs nur dafür Sorge zu tragen, daß er sich einen Weg nach außen hin offen hält; denn der Schwamm umwuchert von allen Seiten gleichmäßig[2]) das Gehäuse mit seinem Insassen. Gewöhnt an die spiralige Lage seines Hinterleibes, welche den Schraubenwindungen der Gastropodenschale entspricht, wiederholt der Krebs in dem aufgelagerten Schwammgewebe die Gehäusewindungen, und es macht alsdann auf Durchschnitten des Schwammes ganz den Eindruck, als ob anfänglich an betreffenden Stellen Schalenwindungen gelegen hätten, die später durch das Schwammgewebe aufgelöst wurden[3]). Mehrere Forscher haben in der That letzterer Auffassung gehuldigt, doch meine Untersuchungen an etwa 40—50 so in ihrem Wachsthum beeinflußten Suberiten haben ergeben, daß alle die Windungen, welche von etwas modificirter Schwammsubstanz (Reactionscyste) gebildet werden und als Fortsetzungen der Spiraltouren des Schneckenhauses erscheinen, nur dem Krebse ihre Entstehung verdanken, daß an diesen Stellen niemals Gehäusewindungen, die später aufgelöst werden konnten, gelegen haben. So erweist sich die Schneckenschale, welche das Centrum dieses Gemeinwesens bildet, oberflächlich stets als intact, und die genaue Untersuchung des

---

[1]) Die zusammengesetzten Ascidien (Botryllus, Didemnum u. A.) verhalten sich meistens anders. Sie umwachsen die größeren Fremdkörper nicht allseitig, sondern lassen eine Fläche (des Schneckengehäuses, der Schneckeneier etc.) an der Außenschicht sichtbar bleiben.

[2]) Wohl in jedem zu üppigerer Entwicklung gelangten Suberiten sitzt ein Pagurus mit seinem Schneckengehäuse. Der Transportirung durch den Krebs wird der Schwamm vielleicht, wie schon von Anderen ausgesprochen wurde, einen großen Theil seines kräftigen Wachsthumes verdanken.

[3]) Siehe Taf. I. Fig. 3 u. 4.

Randes vom Gehäuse zeigte mir in vielen Fällen, daß keine einzige Windung mehr als die erhaltenen an ihm je vorhanden gewesen war. Schon das ganz constante Vorkommen der Spitze des Gehäuses im Inneren des Schwammes widerlegt ohne Weiteres die Richtigkeit der Ansicht, daß umwachsene Gastropodenschalen von Suberiten aufgelöst werden. Auch an den der Ansatzfläche bei Tethya Lyncureum meist anhaftenden Muschelfragmenten konnte ich keine durch den Schwamm hervorgebrachte Erosion erkennen. Diese Untersuchungen lieferten also eben so wenig, wie die an den Bohrschwämmen, einen Anhalt für die Annahme einer Existenz saurer Säfte oder Gewebe bei den Spongien.

Trotzdem vermuthe ich, daß eine saure Reaction auch die Gewebe vieler Schwämme auszeichnet, und ich gründe diese Hypothese auf folgende Thatsachen. Manche Schwämme verändern, besonders bei reichlichem Sauerstoffzutritt, durch Decompositionsvorgänge, welche sich postmortal bemerkbar machen, ihre natürliche Farbe. So wird die schön gelbe Aplysina aërophoba tief dunkelviolett, Geodia gigas und viele Hornschwämme schwärzlich. Die Mißfärbung wird bei diesen Schwämmen auf Alkalizusatz außerordentlich intensiv, durch Säurezusatz hingegen sehr gemindert, ja selbst ganz beseitigt. So habe ich die selbst in einer Kohlensäureatmosphäre sich so leicht verfärbende Aplysina aërophoba in einer Salicylsäurelösung, die leider [illegible] viel von dem gelben Pigmente auszieht, wochenlang gelb erhalten und an der Luft tief dunkelviolett gewordenen Aplysinaästen durch Salzsäure annähernd ihr natürliches Colorit wiedergeben können. Die Mißfärbungen sind der Ausdruck eingetretener Veränderungen, welche vielleicht auch im Leben bestehen, aber nur deßhalb nicht bemerkbar werden, weil antagonistisch wirkende Processe ihnen entgegenarbeiten. Meine Versuchsergebnisse, nach denen die Farbe bei Aplysina aërophoba nach Belieben verändert werden kann, veranlassen mich, anzu-

nehmen, daß das dunkelviolette Colorit, welches auf einer Alkalescenz des todten Gewebes beruhen wird, wegen einer sauren Reaction vital nicht auftritt, und nur auf diese Ueberlegung ließen sich z. Z. Schlüsse auf eine saure Reaction lebenden Schwammgewebes und folglich auch auf eine Wirkungsäußerung des peptischen Enzymes in ihm basiren.

Auf die Fähigkeit, rohes Fibrin zu verdauen, prüfte ich einige Spongien in folgender Weise: Ein dünner, aber fester Fibrinfaden wurde an zwei Punkten der Oberfläche von Suberites massa oder domuncula derart befestigt, daß etwa ein zolllanges Stück desselben der unverletzten Außenseite der lebenden Schwämme dicht anlag. Nach 24—36 Stunden war das Fibrin, welches sich mit der Oberfläche des Schwammkörpers in Berührung befunden hatte, in den meisten Fällen resorbirt, während es bei Suberites domuncula, wenn es in eine, tiefere Schichten des Körperparenchyms bloßlegende Schnittwunde eingesenkt wurde, binnen 48 Stunden und länger keine Veränderung erfuhr. Bei den ramificirten Suberiten (S. massa) scheint die verdauende Fähigkeit auch den mehr centralwärts gelegenen Theilen nicht zu mangeln; denn in tiefere Einschnitte bei Suberites massa gebrachtes rohes Fibrin wurde gleichfalls innerhalb 1—2 Tagen resorbirt. Wird rohes Fibrin in das Osculum von Suberites domuncula gebracht, so erfährt es dieselbe Veränderung, als wenn es an die Außenfläche geheftet wird. Auch bei Chondrosia reniformis konnte ich mich wiederholt davon überzeugen, daß rohes Fibrin von der Rindenschicht aus resorbirt werden kann, und daß es, in die centraleren Partieen gebracht, weder verflüssigt, noch von den Zellen aufgenommen wird[1]). Eine Verdauung roher Fibrinfäden konnte ich an der Oberfläche von Hircinia variabilis, Spongelia elegans und Euspongia adriatica nicht beobachten, obgleich diese gegen äußere Insulte

[1]) Vergl. S. 49.

zwar sehr empfindlichen Schwämme sofort nach dem Fange in eine große Menge frischen Meerwassers gesetzt und, wie es den Anschein hatte, auch während des Versuches lebend geblieben waren.

0,116 gr. rohes, von einem Säckchen aus feinem Mull umschlossenes Fibrin bei Geodia gigas in eine der Höhlungen gebracht, welche sich an der Außenseite dieses Schwammes in größerer oder geringerer Anzahl stets finden, wog nach 24 Stunden fast eben so viel (0,103 gr.), und die im Mullbeutel eingebundenen 0,045 gr. rohen Fibrins, welche in einen künstlichen Schlitz dieses Rindenschwammes gesteckt waren, hatten nach 24 Stunden eher an Gewicht zu- als abgenommen (0,056 gr.). Das in's Osculum von Suberites domuncula eingeführte Mullsäckchen, welches mit 0,092 gr. rohen Fibrins gefüllt war, enthielt nach einem 26-stündigen Aufenthalte im Osculum 0,06 gr., und das Gewicht des Fibrins war in dem Mullbeutel, der durch einen künstlichen Schlitz in den centraleren Theil dieses Schwammes eingesenkt war, nach 24 Stunden constant geblieben. Diese zweifelhaften Resultate berechtigen zu keinen Schlußfolgerungen.

Der Nachweis eines peptischen Enzymes bei Aethalium septicum und bei verschiedenen Spongien veranlaßte mich, eine vegetabilische Form, die ihres Reichthums an protoplasmatischem Gewebe halber mir zu diesen Versuchen besonders geeignet schien, auf einen Enzymgehalt zu untersuchen. Zwei große, unverletzte, an einander gewachsene Exemplare von Codium bursa [1]) wurden fein zerhackt und zur Hälfte in eine genügende Menge 90-procentigen Alkohols geschüttet, zur Hälfte in reines, concentrirtes Glycerin gelegt. Der Glycerinauszug besaß innerhalb 40 Stunden keine peptische Wirkung (in 0,1—0,2-procentiger Salzsäure auf einer constanten Temperatur von 38—40° C. gehalten) auf rohes oder gekochtes Fibrin, und eine trypsinähn-

---

[1]) Codium bursa *Ginanni* (Op. posth. Tab. 34. Fig. 74) ist eine Coeloblastee und gehört der Gruppe der Halymedeae an.

liche Wirkung kam ihm auf rohes Fibrin bei angegebener Temperatur ebensowenig, wie dem der Selbstverdauung unterworfenen, nach *Kühne*'s Vorschrift angefertigten Trockenpräparate zu. Nur ein diastatisches Enzym war in dem Auszuge nachweisbar, doch bedurfte es zu dessen sicherem Nachweise der dialytischen Reinigung des Glycerin- oder wässerigen Extractes, da die diastatisch wirkenden Auszüge auch reich an Kupfersulfatlösung bei Natronzusatz reducirenden Stoffen waren[1]).

In derselben Weise, wie die Diastase früher[2]) von mir bei Chondrosia reniformis und Hircinia variabilis nachgewiesen wurde, gelang ihr Nachweis bei Sykon raphanus, Tethya Lyncureum, Tedania digitata, Geodia gigas, Suberites flavus, Reniera porosa und in der Rindensubstanz von Ancorina verrucosa und Stenetta Wagneri. Der centrale Theil von Stenetta Wagneri und besonders von Ancorina verrucosa scheint viel ärmer als die Rindensubstanz dieser Schwämme an diastatischem Enzym zu sein. Sehr erleichtert wurde der Diastasenachweis bei Sykon raphanus und in der Rinde von Ancorina verrucosa, weil die mit den gekochten Glycerinauszügen der Schwämme versetzten Controlproben die Kupfersulfatlösung bei Natronzusatz nicht desoxydirten. Die Auszüge von Aplysina aërophoba gestatteten ihrer intensiv dunkeln Farbe wegen keine Prüfung auf den aus gekochter Stärke möglichen Falls gebildeten Zucker.

---

[1]) In den Cotyledonen von Fagus silvatica konnte ich weder ein peptisches und tryptisches Enzym noch Diastase nach den üblichen Methoden nachweisen.

[2]) Ueber die Enzymbildung in den Geweben und Gefäßen der Evertebraten. a. a. O., S. 341 u. 362.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I. Fig. 3 u. 4.

Fig. 3. [illegible] Das Gastropoden-gehäuse [illegible] die von Pagurus [illegible], sind theilweise [illegible]

Fig. 4. [illegible] herausgelöste [illegible] Gehäuse.

[illegible]

[illegible] Schwamm-[illegible]

[illegible] Reactions-[illegible] Gewebes.



Vergleichend-[illegible] Untersuchungen als experimentelle Grundlage für eine Nerven- und Muskelphysiologie der Evertebraten.

[illegible]

Die Verhältnissen bei [illegible] Specula- [illegible] noch heute zum [illegible] Theile die [illegible] Untersuchungen und die auf solche basirten [illegible] über die Vorgänge am Nerven- und Muskelsystem [illegible]. Die in allerjüngster Zeit mit Erfolg an Wir- [illegible] Excisionen einzelner Organe und [illegible] zu vergleichend physiologisch werth- [illegible]; die Interpretation, die wissensch[illegible] ist auf diesem Wege aber [illegible]

[illegible] Präparation der Theile [illegible] den Schwierigkeiten, die [illegible] verschiedenartig functio[illegible] Absterben der Gew[illegible] physiologische[illegible] oder ganz verhin[illegible] anatomischen un[illegible], so ließ sich [illegible] physio[illegible] charak[illegible]

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I. Fig. 3 u. 4.

Fig. 3. Schnitt durch Suberites domuncula. Das Gastropodengehäuse und die Reactionscyste, welche die von Pagurus maculatus bewohnten Gänge umschließen, sind theilweise präparirt.

Fig. 4. Schnitt durch eine aus Suberites domuncula herausgelöste Reactionscyste mit dem aufsitzenden Gehäuse.

a = Schneckengehäuse.
b = Mündung desselben mit dem Mundsaume.
c = die von dem Pagurus bewohnten Gänge im Schwammgewebe.
d = vom Schwammkörper um die Gänge gebildete Reactionscyste (von compacterem Bau als das übrige Gewebe).
e = unverändertes Schwammgewebe.
f = eine der Länge nach geöffnete Reactionscyste.

Vergleichend-toxicologische Untersuchungen als experimentelle Grundlage für eine Nerven- und Muskelphysiologie der Evertebraten.

(Hierzu Taf. II.)

Den Verhältnissen bei Wirbelthieren angepaßte Speculationen ersetzen noch heute zum bei weitem größten Theile die experimentellen Untersuchungen und die auf solche basirten Anschauungen über die Vorgänge am Nerven- und Muskelsystem der Evertebraten. Die in allerjüngster Zeit mit Erfolg an Wirbellosen ausgeführten Excisionen einzelner Organe und Reizversuche an denselben haben zu vergleichend physiologisch werthvollen Ergebnissen geführt; die Interpretation, die wissenschaftliche Deutung der Befunde ist auf diesem Wege aber meist unmöglich geblieben.

Die sich einer sorgfältigen Präparation der Theile (der Kleinheit der Objecte wegen) bietenden Schwierigkeiten, die innige Durchflechtung und Durchwachsung verschiedenartig functionirender Apparate und Organe, das rasche Absterben der Gewebe dürften hauptsächlich die Anwendung feinerer physiologischer Methoden auf diesem Felde sehr erschweren oder ganz verhindern. Versagen aber hier die gebräuchlichen anatomischen und physiologischen Untersuchungsmethoden ihren Dienst, so ließ sich noch immer ein Erfolg vermuthen mittelst der feinsten physiologischen Reagentien, von denen manche nicht weniger charakteristisch und genau die einzelnen Theile des lebendigen Orga-

nismus zur Wahrnehmung bringen als das Blutlaugensalz das Eisen. Diese Indicatoren empfindlichster Art, diese „anatomischen Messer“ von unübertroffener Feinheit sind bekanntlich die Gifte.

Es ist nicht das erste Mal, daß die specifische Wirkung an Vertebraten erprobter Gifte auf weniger hoch organisirte Thiere geprüft wird. Schon oft sind toxicologische Untersuchungen an Wirbellosen ausgeführt[1]), sei es um die Wirkung einiger Substanzen des Vergleiches wegen auch an ihnen kennen zu lernen,

---

[1]) Bemerkenswerthe Beiträge zur Giftwirkung an Wirbellosen wurden in folgenden Schriften geliefert:

Bernard, Cl. Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses. Paris. 1857. S. 362 u. 378 (Wirkung des Curare, Strychnin etc. auf den Blutegel und Flußkrebs).

Bernard, Cl. Leçons sur les phénomènes de la vie etc. Paris. 1878 (Wirkung der Anästhetika auf protoplasmatische Gebilde).

Berutti u. *Vella.* Gaz. med. Sard. 38. 1851 (Nicotinwirkung auf Infusorien).

Binz. a. a. O. (Chininwirkung auf Protozoen).

Christison. Ann. Chem. und Pharm. XVII. S. 348. u. XIX. S. 58. (Wirkung des Coniins auf Flöhe und Fliegen).

Coullon, J. Recherches et considérations médicales sur l'acide hydrocyanique, son radical, ses composés et ses antidotes. Paris. 1819 (Blausäurewirkung auf verschiedene Arthropoden, Würmer und Mollusken).

Czerny. Arch. f. mikr. Anat. Bd. V (Verhalten der Süßwasseramöben in concentrirteren Lösungen).

Ehrenberg, G. Abh. d. Acad. zu Berlin. 1830 u. 1831 (Das Strychnin bringt die Räderorgane der Rotatorien zur Ruhe, während dasselbe wie viele andere Gifte auf die Wimperbewegungen der Schleimhäute ohne Einfluß ist. Vergl. darüber auch *Joh. Müller,* Physiologie des Menschen. 1840. Bd. II, S. 16 u. 17).

Fontana, Fel. Ueber das Viperngift etc. Berlin. 1787 (Toxicologische Untersuchungen an Hirudo, Lumbricus etc.).

Geiger. Magaz. f. Pharmac. XXXV. S. 72 u. 259 (Coniinwirkung auf den Regenwurm).

Heckel. Compt. rend. 1879. No. 18, p. 918 (Strychninwirkung an Helix pomatia und aspera).

Henry u. *Boutron-Charlàrd.* Journ. de Pharmac. XXII. S. 689 (Nicotinwirkung an verschiedenen Arthropoden).

sei es um Mittel zur Ausrottung des die Gesundheit und das Eigenthum des Menschen gefährdenden Ungeziefers aufzufinden. Durch die Gifte aber einen Aufschluß über die Organisation der Evertebratenformen zu erhalten, mittelst der Gifte sich einen tieferen Einblick in die Functionen bei diesen Wesen zu verschaffen, darauf war die Forschung in zweckentsprechender Weise

---

Jordan, S. N. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmak. Bd. VIII. S. 18 (Wirkung der Stoffe der pharmakol. Muscaringruppe und des Atropins auf das Herz von Astacus fluviatilis).

Klemensiewicz, R. a. a. O. S. 33 (Wirkung des Amylnitrit, Strychnin und Curare an Eledone moschata).

Krukenberg, C. Fr. W. Nachtrag zu den Untersuchungen über die Ernährungsvorgänge bei Cölenteraten und Echinodermen. Unters. a. d. physiol. Institut d. Univ. Heidelberg. Bd. II. 1878. S. 369 (Einfluß verschiedener Gifte auf die Secretbildung bei Medusen).

Kühne, W. Unters. über das Protoplasma und die Contractilität. Leipzig. 1864. S. 47, 65, 86 u. 100 (Wirkung des Veratrins etc. auf die Bewegungserscheinungen der Amöben, bei Actinophrys Eichhornii, der Myxomyceten und in den Zellen der Staubfadenhaare von Tradescantia virginica).

Menghini. Comment. Bonon. T. IV. S. 199 (Wirkung des Kampher auf mehrere Wirbellose).

Plateau, Fél. Bullet. de l'Acad. roy. de Belgique. 2me sér. t. XLVI. 1878 (Atropin- und Säurewirkung auf's Herz von Astacus fluviatilis und Carcinus maenas).

Pokrowsky. *Müller*'s Archiv. 1866. S. 61 (Wirkung einiger sauerstofffreien Gase auf Wirbellose).

Romanes. Philos. Transact. Vol. 166. 1876 (An Medusen ausgeführte Vergiftungen mit verschiedenen Alkaloïden. Ueber den Ort der Giftwirkung, um dessen Kenntniß es uns vor Allem zu thun sein muß, besagen aber *Romanes'* Versuche eben so wenig wie die irgend eines früheren Evertebratenforschers).

Schotten. De effectu Atropii. Dissertatio. Marburg. 1842 (Atropinwirkung an Melolontha).

Steiner, J. a. a. O. (Curarewirkung auf Krebs, Gastropoden, Seestern u. Meduse).

Valentin, G. Flimmerbewegung in *R. Wagner*'s Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I, S. 512 (Wirkung verschiedener Stoffe auf die Flimmerbewegung).

zur Zeit noch nicht gerichtet, und nur sehr Weniges kann ich bei meinen Bestrebungen in dieser Richtung den Vorgängern entlehnen.

Unsere Hauptaufgabe wird immer darin bestehen, daß wir die Giftwirkung von den Folgen derselben zu trennen, daß wir die durch das Gift veranlaßten primären Veränderungen von den secundären als ihren Resultaten zu unterscheiden lernen. Das Erlöschen der selbstständigen Bewegung an einem Körpertheile — bei den Wirbellosen fast der einzige Effect, den wir bei einer Vergiftung zu constatiren vermögen — kann z. B. auf sehr verschiedenem Wege zu Stande kommen. Eine Lähmung gewisser Theile des centralen Nervensystems oder peripher gelegener Ganglien, die Lähmung der motorischen Nervenendapparate oder der Muskeln selbst führen äußerlich oft zu demselben Vergiftungsbilde, und nur aus detaillirten Versuchsreihen dürfen wir den Ort der Giftwirkung zu erfahren hoffen. So lehrt uns die directe Application von Reizen auf die Muskelsubstanz, ob ihr Contractionsvermögen erloschen; der Erfolg der Reizung hinzutretender Nervenstämme, ob die Giftwirkung eine centrale oder periphere ist, und am Centralorgan ausgeführte Durchschneidungsversuche gestatten nicht selten den Wirkungsherd noch genauer zu bezeichnen. Diese Methoden genügen in der Mehrzahl der Fälle aber nicht, um den gewünschten Aufschluß zu erhalten. Tritt beispielsweise die Muskellähmung nicht im Erschlaffungs-, sondern im Contractionszustande ein, so kann die directe Reizung über ihr Befinden nichts besagen; um in diesem Falle schlüssig zu werden, bedarf es der Ausschaltung des centralen, des nervösen Einflusses. Können wir durch das Curare diesen Effect erzielen, so ist uns geholfen. Alsdann gelingt es uns leicht festzustellen, ob die Giftwirkung centraler oder peripherer Natur ist. Durch zweckentsprechende Unterbindungen ganzer Körpertheile, einzelner Nerven oder Gefäße etc. lassen sich auch manche Schwierigkeiten der Untersuchung beseitigen.

Schon früher erfolgte die Auseinandersetzung der Gründe, welche mich bestimmten, meine Studien über die Verdauung anfangs möglichst extensiv zu betreiben, d. h. die nothwendigen Versuche vorerst an möglichst vielen verschiedenen Arten auszuführen, um bei dem eingehenden Studium der Verdauungsproducte, der Enzymbildung in den Geweben etc. etc. sicherer fortschreiten zu können. Die toxischen Erscheinungen, die Wissenschaft der vergleichenden Toxicologie verlangt den entgegengesetzten Weg einzuschlagen. Es ist durchaus erforderlich, um den Fortschritt späteren Arbeiten zu sichern, die unter gleichen Bedingungen herangewachsenen Vertreter einer ganz bestimmten Species gründlich zu untersuchen und erst, wenn durch diese Versuchsreihen sicherer Boden gewonnen ist, die Untersuchung auf weitere Arten auszudehnen. In derselben Weise, wie sich in einer Pflanzen- oder Thierfamilie neben den giftigsten Species völlig ungiftige finden, wie nach dem Klima, dem Standorte, der Jahreszeit, der Entwicklung und anderen Umständen die Lebensenergie, die Productionskraft und die Körperbestandtheile der Organismen mehr oder weniger variiren, so schwankt unter denselben verschiedenen Bedingungen auch die Resistenzfähigkeit gegen vitale Schädlichkeiten, und der Entwicklungsgrad, die Empfindlichkeit einzelner Organe kann das Vergiftungsbild bei nahe verwandten Formen noch in Fällen auffallend modificiren, wo keine einzige Methode anatomischer oder histologischer Forschung Differenzen aufzudecken vermag.

Mit gewissem Rechte recurrirt man bei Beurtheilung histologischer Befunde an Wirbellosen auf die besser bekannten Verhältnisse bei den Vertebraten. Die Darstellung vereinfacht sich, wenn an sicher Begründetes angeknüpft wird, und nur die Abweichungen, die Eigenthümlichkeiten verlangen alsdann eine nähere Erörterung. Darin findet es auch seine Begründung, wenn ich im Folgenden meinen toxicologischen Untersuchungen an Wirbellosen

die Ergebnisse an Wirbelthieren referirend vorausschicke. Das Studium der Giftwirkung auf Evertebraten wird andererseits auch neue Gesichtspunkte für die Toxicologie der Vertebraten eröffnen. Durch chemische Untersuchungen wird sich zeigen lassen, in wie weit ein Gehalt der Gewebe an bestimmten Stoffen (Myosin, Albumin, Lecithin, Salze, Wasser etc.) sich mit der Giftwirkung in Einklang bringen läßt, in wie fern die Muskeln, die Nerven, die Ganglien und Drüsen in ihrem chemischen Baue in der Thierreihe differiren. Ein völlig unbearbeitetes Feld der Forschung, die reichsten Ernten versprechend, liegt hier vor uns!

Da ich mich schon bei anderer Gelegenheit[1]) über den Werth vergleichend toxicologischer Studien für die gesammte Biologie aussprechen konnte, so mögen diese wenigen einleitenden Worte genügen, um den Standpunkt, den ich bei meinen Untersuchungen in dieser Richtung einnehme, zu charakterisiren und die allgemeinen Gesichtspunkte, die mich dabei leiten, hervorzuheben.

I. Untersuchungen an Hirudo officinalis Sav., Astacus fluviatilis Rond. und Helix pomatia L.[2])

Stoffe der Alkoholgruppe.

Die flüchtigen Glieder der Fettreihe (mit Ausnahme der Säuren und des Sumpfgases) werden als Anästhetika zu einer pharmakologischen Gruppe (Alkoholgruppe) vereinigt; auch einige

---

[1]) *Krukenberg,* Das Verhältniß der Toxicologie zu den übrigen biologischen Disciplinen. a. a. O.

[2]) Bevor ich meine beabsichtigten toxicologischen Studien an Cephalopoden und Cölenteraten unternahm, erachtete ich es für rathsam, mich an einheimischen Festlandformen zu orientiren. So entstanden diese Voruntersuchungen vorigen Winter zu Straßburg i. E., und sie können in der Fassung, welche ich ihnen im Februar d. J. gegeben habe (nur unbedeutende Einschaltungen, die später erschienene Literatur betreffend, sind jüngeren Datums), unseren weiteren Besprechungen als Basis dienen.

Derivate zweiatomiger Kohlenwasserstoffe (z. B. das Aethylenchlorür) sind ihr einzureihen.

Eine Wirkung auf die Muskeln der Wirbelthiere konnte für den Weingeist bislang nicht nachgewiesen werden. Nach Injection von Chloroform in die Schenkelarterie beobachteten jedoch *Coze* und *Kußmaul* eine Erstarrung der von dieser versorgten Muskeln, und nach *Buchheim* und *Eisenmenger* ist die Zuckungscurve der Muskeln bei anhaltend chloroformirten Fröschen erheblich verlängert, was auch auf eine Muskelwirkung des Chloroforms hindeutet.

Allen Gliedern der Alkoholgruppe gemeinsam ist aber die ohne vorausgegangenen Erregungszustand eintretende lähmende Wirkung auf das Rückenmark, die Medulla oblongata und das Gehirn der Wirbelthiere. Bei einem chloroformirten Hunde sind beispielsweise alle Functionen des centralen Nervensystems erloschen, alle äußeren Lebenserscheinungen haben aufgehört, die Reflexe fehlen oder sind nur einseitig vorhanden, und nur die Athembewegungen (zwar sehr herabgesetzt) dauern fort. Das Herz schlägt selbstverständlich auch noch. Bevor dieser Zustand eintritt, zeigt der Hund ein richtiges Traumleben bei geöffneten Augen, welches sich in Bellen und Abwehrbewegungen äußert. Letztere Erscheinungen fehlen am chloroformirten Kaninchen und können deßhalb wohl nicht als Anzeichen einer centralen Erregung angesehen werden. Bei der Erholung wird der Speichelfluß außerordentlich stark, und das Thier vermag bei Reizung den Schmerz nicht gehörig zu localisiren.

Wie schon aus der Schilderung dieser Chloroformnarkose hervorgeht, setzen die Stoffe der Alkoholgruppe bei Wirbelthieren neben der Empfindungssphäre zugleich die Reflexthätigkeit herab; es ist deßhalb wohl ganz zweckmäßig, sie als Anästhetika von dem Morphin und Verwandten (Narcotica), welchen letztere Eigenschaft wenigstens bei kleinen arzneilichen Gaben mangelt, zu unterscheiden.

Die Veränderung der nervösen Centralapparate durch den Aether erklärten *Harleß* und *v. Bibra* durch eine theilweise Extraction des Gehirn- und Rückenmarksfettes; *Duscheck* sah bei der Alkoholwirkung den Grund in dem durch die rasche Alkoholoxydation veranlaßten Sauerstoffverbrauch, *L. Hermann* glaubte, daß der Lecithingehalt der nervösen Apparate in Frage komme, und *Claude Bernard* sah den Grund in einer Coagulation des Protoplasmas.

Von *Cl. Bernard* wird deßhalb auch die Bezeichnung „Anästhetika" in einem ganz anderen Sinne als von uns gebraucht. „Le mot anesthésie désigne ici l'action des substances anesthésiques, éther ou chloroforme, amènant la suppression de la faculté des éléments et des tissus de réagir sous l'influence de leurs excitants ordinaires." Gestützt auf zahlreiche Versuche an keimenden und sensitiven Pflanzen, an Flimmerhaaren, an der Hefe, am Froschherzen etc., erkennt er in dem Aether und Chloroform die Mittel, welche uns gestatten, „die lebendigen Phänomene der Organisation von denen der Destruction zu unterscheiden; denn nur die Ersteren werden durch die Anästhetika inhibirt". Ganz abweichend von der an Wirbelthieren gewonnenen Anschauung, nach welcher die Stoffe der Alkoholgruppe durch ihre Wirkung auf die nervösen Centralapparate pharmakologisch verbunden werden, unterliegt nach *Cl. Bernard* alles Lebendige der Einwirkung des Alkohols, des Chloroforms und Aethers; der Grund davon liegt in der Coagulation des Protoplasmas.

Es blieb erforderlich, das Studium der Alkohol-, Aether- und Chloroformwirkung nicht einerseits auf Pflanzen und protoplasmatische Gebilde, andererseits auf die Wirbelthiere zu beschränken. Die wechselvollsten Bilder versprach gerade die Bearbeitung des diese ganz außerordentlich verschieden organisirten Untersuchungsobjecte verbindenden umfangreichen Gebietes der wirbellosen Thiere.

Um 11h. 21min. wird ein **Blutegel** in die mit Chloroform-

dampf stark imprägnirte Atmosphäre unter einer Glasglocke gebracht. Es beginnen sogleich kräftige Bewegungen, 11 h. 22 min. ein reichlicher Blutausfluß, und von 11 h. 25 min. ab erlischt mehr und mehr der kurze Zeit vorher eingetretene Zustand äußerster Contraction. Sehr allmählich treten dann unter Ablauf unregelmäßiger Bewegungen eine Unerregbarkeit und Starre der Muskeln ein, welche um 12 h. vollständig sind.

In fünf anderen Fällen war das Vergiftungsbild ein ähnliches; die Unerregbarkeit der Muskeln durch mechanische oder electrische Reize stellte sich nur bald etwas früher, bald etwas später ein; in derselben Weise verlaufen die Erscheinungen, wenn man die Thiere statt in Chloroform- in Aetherdampf bringt. Ist die Muskelstarre nicht zu weit vorgeschritten, die Erregbarkeit der Muskeln durch den electrischen Reiz aber schon äußerst gering geworden, dann gelingt es in vielen Fällen (besser zwar an den ätherisirten als an den chloroformirten Egeln) das scheintodte Wesen in einer reichlichen Menge frischen Wassers zum Leben zurückzubringen. Die Genesung schreitet anfangs langsam vorwärts, ist aber nach einigen Stunden meist vollkommen.

Deuten diese Erscheinungen schon darauf hin, daß das zur Beobachtung gelangende Bild nicht ausschließlich die Folge einer Anästhesie sein kann, so werden folgende Versuchsreihen lehren, daß eine durch die Substanzen der Alkoholgruppe hervorgerufene Anästhesie bei Hirudo gar nicht zur Wahrnehmung gelangt.

Ein Blutegel wurde durch eine Ligatur in zwei Stücke getheilt und der Kopftheil durch eine der Körperdicke entsprechende Oeffnung eines Pappdeckels gezogen. Indem gleichzeitig Vorkehrungen getroffen waren, daß jede Hälfte des Thieres auf einer Seite der Pappe blieb, war es möglich, den einen Theil der Einwirkung des Chloroforms oder Aethers auszusetzen und die andere Hälfte vor dem Einflusse dieser Stoffe zu schützen. Zu diesen Versuchen konnten selbstverständlich der Aether und das Chloro-

form nicht in Dampfform angewandt werden, sondern nur als gesättigte wässerige Lösungen. Der Pappdeckel wurde zu diesem Zwecke auf einen kleinen 30 gr. fassenden Porzellantiegel gelegt, so, daß das Kopfende des Thieres nach unten sah und von dem Chloroformwasser, das den Tiegel bis zum Rande füllte, allseitig umspült wurde. In 20 Minuten war die Bewegungsfähigkeit der chloroformirten Hälfte erloschen; der Pappdeckel wurde abgenommen, der Egel mit Wasser abgespült und die Ligatur gelöst. Der unvergiftet gelassene Theil verhielt sich wie vor der Chloroformbehandlung, die chloroformirte Hälfte des Thieres hingegen war brettartig hart geworden, und der stärkste electrische Strom vermochte an den Muskeln keine Contractionswelle auszulösen. Ich brachte das, wie es schien, halb todte, halb lebende Wesen in eine flache Schale mit frischem Wasser; bald hatte die lebende Hälfte sich festgeklammert und so sich zeitweise beruhigt. Diesen Augenblick benutzte ich, mir darüber Belehrung zu verschaffen, wie es um die Sensibilität in der starren Hälfte stände, und überzeugte mich, daß der lebende Theil auf den durch die starre Hälfte hindurchgeschickten electrischen Strom durch Bewegungen sehr präcise antwortete und zwar nicht weniger energisch, als wenn er selbst gereizt wurde. Diese Versuche, welche ich mehrfach wiederholte, gelingen nur dann, wenn die Behandlung mit Chloroform resp. Aether nicht zu lange fortgesetzt ist, und beweisen, daß die Muskeln in dem chloroformirten oder ätherisirten Wasser früher todtenstarr werden als die Sensibilität und die Fortleitung der Erregung zum Schwinden gebracht werden. Nach einer $^1/_2$—1-stündlichen Einwirkung des Chloroformwassers sterben auch die nervösen Elemente ab, und kein Kunstgriff ruft dann den wirklich todten Theil zum Leben zurück. Mag nun die längere Reactionsfähigkeit des Nervensystems mehr auf seiner centraleren Lage oder auf einer größeren Immunität gegen diese Substanzen beruhen, immerhin lehren meine Versuche, daß die Muskelstarre

zuerst in die Erscheinung tritt und bereits vollständig geworden ist, wenn das Nervensystem seine Functionen einstellt.

Theilt man den Körper des Blutegels statt durch eine Ligatur in zwei Hälften durch zwei Ligaturen in drei Theile und bringt dann durch siedendes Wasser oder auf anderem Wege das Mittelstück zum völligen Absterben, so erhält man zwei für sich oft tagelang selbstständig existirende Stücke. Der eine unterstützt nicht die Fortbewegung des anderen Theiles, die individuelle Zusammengehörigkeit ist aufgehoben. Ich dachte mir, daß, wenn diese Substanzen die Muskeln eher als die nervösen Apparate lähmen, sich das vergiftete mittlere Drittel, ohne die Einheit irgendwie zu stören, als unbeweglicher Cylinder zwischen die harmonisch arbeitenden Enden des Thieres schieben und die Rhythmik der Contractionen nur unterbrechen, nicht in beiden Theilen unabhängig von einander gestalten müsse. Diese Voraussetzung hat sich bei weiteren Versuchen bewahrheitet, welche nicht nur die Ergebnisse der früheren bekräftigen, sondern außerdem lehren, daß die Willensimpulse vom Kopfende ungestört auf das Hinterende fortgeleitet werden, um in normaler Weise die Effecte an den Muskeln auszuüben.

Ich bediente mich zu diesen Versuchen des beistehenden einfachen Apparates. Unter einer Glasglocke, welche auf einer flachen, mit wenig Wasser angefüllten Schale ruht, befindet sich ein kleines Glasgefäß, welches das mit Chloroform resp.

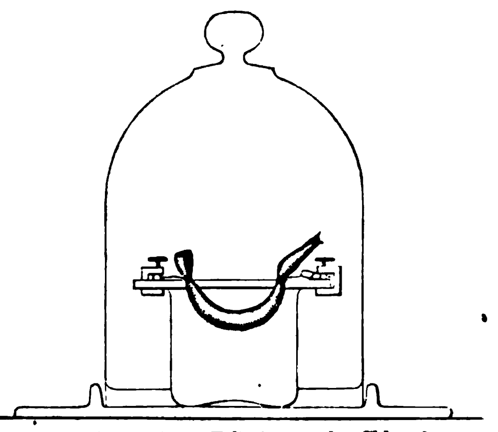


Fig. 2. Apparat zur Erläuterung der Chloroformwirkung auf die Würmer.

Aether gesättigte Wasser enthält; dieses bedeckt die Pappscheibe mit dem in ersichtlicher Weise befestigten Egel. Die hervorstehenden Enden des Thieres werden durch Schrauben, welche die den Knoten der Ligaturen eingeschürzten Drahtstückchen dauernd fixiren, an einem Gleiten nach abwärts verhindert, und die enge Oeffnung in der Scheibe gestattet ihnen ein Eindringen von der Seite nicht.

Machte sich die Chloroformwirkung am Mittelstücke hinreichend bemerkbar, waren die Muskeln desselben starr und unerregbar geworden, wozu es bei meinen Versuchen meist 15—25 Minuten bedurfte, dann wurde der Pappdeckel abgenommen, die Ligaturen gelöst und der Egel in frisches Wasser gesetzt. Einige ganz normale Schlängelungen, welche am Kopftheile beginnen, am chloroformirten Stücke eine Unterbrechung erleiden und in normaler Folge am Hinterende von der unbeschädigten Stelle aus sich fortsetzen, sind die ersten Reactionen, welche das Thier auf seine verbesserte Lage äußert. Bald beginnt es aber, sich irgendwo an der Glaswand mit seinem Munde oder Saugnapfe festzuschmiegen und durch die bekannten Spannerbewegungen den Platz zu wechseln. Sein Kriechen ist das eines normalen Thieres, welchem ein Gürtel aus unnachgiebiger Masse die Körpermitte comprimirt, dessen Vorder- und Hinterende aber als einheitliches Ganzes, als physiologisches Individuum functioniren. Keine Anästhesie, keine centrale Wirkung ist bemerkbar; die Muskeln nur sind starr und unerregbar und bleiben es immer oder wenigstens einige Zeit.

Die Abnahme der selbständigen Bewegungen hält gleichen Schritt mit der Abnahme der Erregbarkeit der Muskulatur, und schwache selbstständige Contractionen, wohl durch die Bewegung von Muskelgruppen mehr centraler und deßhalb geschützterer Lage zu Stande kommend, sind oft selbst noch dann bemerkbar, wenn ein elektrischer Strom von bedeutender Stärke die Ringmuskulatur nicht mehr zur Zusammenziehung bringt.

Diese Versuche, oft (sowohl mit Aether als mit Chloroform) wiederholt, lieferten stets dieselben unzweideutigen Resultate. Mit dem Alkohol habe ich seltener experimentirt, weil in Hinblick auf die wasserentziehende Eigenschaft desselben vorwurfsfrei verdünnte Mischungen zu langsam wirken, und die durch Oeffnungen der Pappe verdunstenden Mengen während der Dauer des Versuches von den übrigen Theilen des Egels, welche von der Vergiftung ausgeschlossen bleiben sollen, gleichfalls nicht vertragen werden. Es fehlen aber Gründe anzunehmen, daß der Weingeist sich in dieser Beziehung vom Chloroform und Aether wesentlich verschieden verhalte, und wenn ich den Egel in alkoholische Flüssigkeiten von 5 % setzte, so traten auch nach $6\frac{1}{2}$ Stunden ähnliche Erscheinungen auf, wie bei der Anwendung von chloroformirtem oder ätherisirtem Wasser. Die Muskeln contrahirten sich auf elektrische Reize nicht mehr, nur fehlte selbst nach einem Aufenthalte von 30 Stunden in der 5-procentigen Weingeistlösung die Starre, welche besonders bei der Chloroformbehandlung sehr rasch der Unerregbarkeit folgte. Ein anderer Egel wurde um 11 h. in einen 20-procentigen Weingeist gesetzt; um 11 h. 11 min. waren seine Muskeln ganz unerregbar, ohne aber starr zu sein. Ich setzte ihn in Wasser, in welchem er sich 1 h. 33 min. wieder völlig erholt hatte.

Bei den Injectionsversuchen, welche ich zwar auch nicht unterlassen durfte, complicirt man sich theils durch die für so kleine Thiere immer erheblichere Verwundung, theils durch die erforderliche große Menge der injicirten Flüssigkeit, welche, um den Ausfluß zu verhindern, ihrerseits eine abermalige Unterbindung nöthig macht, das Bild in überflüssiger Weise. Alle derartigen Versuche lehrten in unreiner Form nichts Anderes, als was sich bei besprochener Versuchsanordnung prägnant beweisen läßt.

Atropin.

Dem Atropin kommt bei Wirbelthieren durchweg eine Lähmung peripher gelegener ganglïöser Apparate zu. So werden die durch Muscarin in einen Erregungszustand versetzten Ganglien des Herzens, des Oculomotorius, des Darmes und vielleicht auch der Speicheldrüsen durch Atropin gelähmt; verschiedene Gebiete des Gehirns, der Medulla oblongata hingegen erregt.

Ueber die Atropinwirkung auf Wirbellose berichtet *F. Plateau* [1]), daß nach Injection von 0,05 mgr. schwefelsauren Atropins beim **Krebs** eine bedeutende Verlangsamung der Herzbewegungen eintritt; in einem Falle sah er die Pulsationen von 120 in der Minute auf 74 sinken. Nach *Jordan* [2]) jedoch haben Atropininjectionen keinen Einfluß auf die Pulsationen am Krebsherzen, auch wenn Injectionen von den Muscarinbasen vorausgehen. Bei directer Application einer 1-procentigen Atropinsulfatlösung tritt, wie ich mich überzeugte, nach einigen Secunden aber eine deutliche Verlangsamung der Herzschläge am Krebsherzen ein, welche (den Controlversuchen nach zu urtheilen) durch das Atropin veranlaßt zu sein scheint; nach Injection der zehnfachen Menge, welche *Plateau* anwandte, in's Postabdomen vermochte ich jedoch nie (während der Winterzeit) einen Effect zu constatiren.

Eine Wirkung des Atropins auf die Muskeln der Wirbelthiere ist nicht nachgewiesen, und um so bemerkenswerther dürften deßhalb die Mittheilungen meiner Versuche am **Blutegel** sein, aus denen sich ergeben wird, daß das Atropin auf die Egelmuskeln ähnlich wie die Stoffe der Alkoholgruppe wirkt.

Ein Blutegel wurde am 18. December Nachmittags 3 h. 46 min. in eine 1-procentige Lösung von schwefelsaurem Atropin gesetzt und am 19. December Morgens 11 h. 41 min. stark

---

[1]) *Plateau*, a. a. O., S. 11.
[2]) *Jordan*, a. a. O., S. 18.

contrahirt, vollkommen steif und die Muskeln desselben elektrisch unerregbar gefunden; trotzdem fehlten Spuren von selbständiger Bewegung nicht.

Um dieser von den Verhältnissen bei höheren Thieren ganz abweichenden Wirkungsweise des Atropins näher zu treten, zerlegte ich einen Egel durch zwei angebrachte Ligaturen in drei gleiche Stücke und injicirte dem Mittelstücke 2—3 Decigramme einer 1-procentigen Lösung von Atropinsulfat. Nach 30 Minuten war die Erregbarkeit des vergifteten Drittels des Thieres fast auf Null herabgesunken, und dieser höchst geringen Reizbarkeit entsprach auch die Energie an selbständigen Bewegungen. Die Endstücke reagirten sehr gut auf Reize, welche das Mittelstück trafen, und als später der Egel in's Wasser gesetzt und die Ligaturen gelöst wurden, verhielt er sich anfangs wie ein solcher, dessen Mittelstück chloroformirt war; die rhythmischen Contractionen der Hautmuskulatur waren bei der Fortbewegung nur in dem vergifteten Drittel, wo vollständige Starre herrschte, unterbrochen; nach einiger Zeit ergriff die Muskelstarre, da jetzt bei gelösten Ligaturen sich das Gift weiter verbreiten konnte, auch die bis dahin intact gebliebenen Enden.

Diese Versuche beweisen an sich keineswegs, daß das Atropin auf die Muskeln wirkt; denn es läßt sich denken, daß z. B. Ganglien, welche die Muskeln zu dauernder Contraction anregen, durch das Atropin gereizt und die Muskeln selbst unverändert gelassen werden. Die Muskeln befinden sich in der That im Zustande äußerster Zusammenziehung, und deßhalb kann eine elektrische Reizwirkung über ihr Befinden nicht entscheiden.

Wie wir später erfahren werden, können wir auch beim Blutegel ausschließlich die motorischen Nerven oder deren Endigungen lähmen und zwar durch Curare. Tritt nun am vollständig curarisirten Thiere nach Atropin derselbe Contractionszustand der Muskeln ein wie am uncurarisirten, dann wissen wir, daß das Atropin

die Muskeln selbst (keine nervöse Organe) zur Zusammenziehung bringt und in diesem Zustande lähmt. Das ist wirklich der Fall.

Einem großen Egel, der durch einen zweitägigen Aufenthalt in einer 1-procentigen Curarelösung vollkommen gelähmt war, dessen Muskeln auf Reize aber noch normal sich contrahirten, injicirte ich 1 mg. Atropinsulfat in den hintern Körperabschnitt. Es erfolgte nach 10 Minuten eine Contraction mehrerer Muskelgruppen, und unregelmäßige Zuckungen an einigen Stellen wurden bemerkbar. Nach einigen Stunden war ein Theil des Hinterendes steif, doch auch diese Starre hatte sich am folgenden Tage wieder gelöst. Ich injicirte dann dem noch immer vollkommen unbeweglichen Thiere 3 mg. Atropin (in 1-procentiger Lösung) und sah darauf sich allmählich den Zustand äußerster Contraction und vollkommener Starre, verbunden mit einer Unerregbarkeit der Muskeln ausbilden, ebenso wie es nach einem eintägigen Verweilen der Thiere in einer 1-procentigen schwefelsauren Atropinlösung regelmäßig geschieht. Hatte die Starre einen gewissen Grad erreicht, so trat eine Wiederbelebung nicht mehr ein; wie der oben mitgetheilte Versuch lehrt, sind nach Injection von geringeren Atropinmengen aber die Muskeln nicht so tiefgreifend verändert, daß sie für immer functionsunfähig werden.

Durch diese Untersuchungen werden die äußeren Erscheinungen der Atropinwirkung als lediglich an den Muskeln sich äußernd, genügend klargelegt, und die Aufzählung der Ergebnisse meiner vielfach modificirten Versuche dieser Art würde nur überflüssig sein.

Eine Anzahl von Stoffen wirkt beim **Blutegel** vorzugsweise auf das Nervensystem, läßt nach längerer Einwirkung aber auch keineswegs die Muskeln ganz intact. So der Kampher, das Strychnin, das Morphin und das Coffeïn; unter den anorganischen Salzen der Kupfervitriol und der Sublimat.

Kampher.

Die Störungen, welche die nervösen Centralorgane durch den Kampher erleiden, sind am Säugethiere die auffälligsten Erscheinungen. Wird eine genügende Menge von emulgirtem Kampher z. B. einem Hunde mittelst Katheter in den Magen gebracht, so treten — sehr bezeichnend für die Krämpfe, welche ihr Erregungscentrum in der Medulla oblongata haben — rein epileptische Anfälle mit ausgebildetem Trismus, Schleuderbewegungen der Gliedmaßen, kräftiges Arbeiten der Masseteren ein. Die Convulsionen wiederholen sich anfallsweise und sind wahrscheinlich durch eine Erregung des Krampfcentrums in der Medulla oblongata bedingt, da sie nicht wie der Strychnintetanus nach Durchschneidung des Halsmarkes fortbestehen. Am curarisirten Thiere zeigt die Messung des Blutdruckes nach Kampherdosirung anfangs keine Veränderung; die Höhe des Blutdrucks, die Pulsfrequenz sind unverändert. Aber plötzlich tritt eine Steigerung des Blutdrucks ein; es entsteht ein ähnlicher Krampf der Gefäßnerven wie in den Convulsionen, welche am curarisirten Thiere natürlich nicht zu Stande kommen. Wird das Rückenmark dann durchschnitten, so wird der Blutdruck viel niedriger, und das beweist den centralen Ausgang dieser Wirkung.

Beim Frosch, wo das Gehirn und die Medulla oblongata weit weniger empfindlich als bei den Säugethieren sind, wird die dem Pikrotoxin ähnliche Wirkung nur unter besonderen Verhältnissen (zur heißen Jahreszeit) bemerkbar. Beim Frosch reizt Kampherdampf die sensibeln Nerven, und es tritt später eine zur Lähmung führende Curarewirkung an den motorischen Nervenendigungen ein, mit der das Vergiftungsbild abschließt. Während aber bei der Curarewirkung das Rückenmark im Stande bleibt Reflexe zu leiten — da der von der Curarevergiftung durch Operation ausgeschlossene Schenkel durch Reize vom Rückenmark aus in Zuckungen versetzt werden kann — so ist es durch den Kampher

dazu unfähig geworden: die Zuckungen bleiben auf Reizung des Rückenmarks am intact gelassenen Beine aus.

12 h. 6 min. füllte ich das Gefäß, in welches das in bekannter Weise separirte Mittelstück eines **Egels** hineinragte, mit einer 1-procentigen Kampheremulsion. Um 12 h. 11 min. hat sich das Mittelstück stark zusammengezogen, um 12 h. 30 min. ist es, ohne starr zu sein, gelähmt. Die Reactionsfähigkeit der Muskeln auf mechanische und electrische Reize ist vermindert, die Sensibilität des Mittelstücks scheint nicht ganz erloschen. Ich nahm das Thier aus der Pappscheibe heraus, löste die Ligaturen und säuberte es. In viel Wasser gebracht, erweist sich die Coordination der selbständigen Bewegungen am Vorder- und Hinterende anfangs sehr beeinträchtigt, doch nach $^1/_2$—1 Stunde beginnt schon die Restitution, und bevor die Sensibilität im Mittelstücke ihren normalen Grad erreicht hat, contrahiren sich an diesem die einzelnen Muskelgruppen erregt von centralen Impulsen.

Setzt man den Egel statt in eine Kampheremulsion unter einer Glasglocke den Kampherdämpfen aus, so ist eine starke Schleimabsonderung, die an der Haut des Egels bei der Aether- oder Chloroformvergiftung nicht immer auffällig wird, das erste Anzeichen der Wirkung. Lebhafte Krümmungen und Schlängelungen, welche gleichzeitig auftreten, deuten auch wohl auf eine Reizung nervöser Apparate hin. Später erschlaffen die Muskeln, ohne ganz unerregbar zu werden.

Ich muß aus diesen mehrfach wiederholten Versuchen den Schluß ziehen, daß durch den Kampher in erster Instanz, wie die heftigen Krümmungen und Windungen des Wurmes andeuten, eine Erregung nervöser Elemente eintritt, der später eine Lähmung folgt. Diese Lähmung ist bereits vollständig, wenn die Muskeln unerregbar werden. Der rasche Eintritt der Restitution nach kurzer Einwirkung des Kamphers dürfte dafür sprechen, daß tiefgreifende Veränderungen an den nervösen Organen durch den Kampher anfangs nicht hervorgerufen werden.

Die Wirkung des Kamphers auf den **Flusskrebs** zeigt mit der auf den Egel manches Uebereinstimmende. Der Krebs widersteht den Kampherdämpfen schon seines Panzers wegen viel länger als der Egel. Nach 16-stündigem Aufenthalte unter einer Glasglocke, deren Wände mit fein vertheiltem Kampher überzogen waren, lebte der Krebs noch; aber die Muskelfunction zeigte sich bedeutend geschwächt und auch die Reizbarkeit der Muskeln war nicht mehr die normale. Eine starke Schaumansammlung vor dem Munde deutet darauf hin, daß auch beim Krebs secretorische Organe durch den Kampher zur Thätigkeit angeregt werden.

In ähnlicher Weise wirkt der Kampher auch auf **Helix pomatia,** welche regelmäßig nach drei Stunden in der Kampheratmosphäre zu Grunde ging.

Strychnin.

Auf Reizung des Rückenmarks entsteht bei Fröschen und höheren Wirbelthieren eine andauernde Muskelcontraction, und da die Streckmuskeln den Beugemuskeln überlegen sind, sich als Opisthotonus[1]) documentirend. Einen solchen Krampf lösen an Wirbelthieren (wie es heißt, sind Fische und Schlangen ausgenommen) auch tactile Reize bei einer Strychninvergiftung aus. Die Ursache der tetanischen Krämpfe ist eine centrale; denn werden die Nerven der Extremitäten durchschnitten, so hören die Reflexzuckungen an ihnen auf. Das Centrum der Wirkung ist ein spinales, kein cerebrales; denn der Tetanus dauert auch an dem geköpften Thiere fort. Das Rückenmark ist durch das Strychnin

[1]) Ein Opisthotonus kommt bei den Pleuronectiden, wo die Lateralmusculatur auf der die Augen tragenden, dem Lichte zugekehrten Seite überwiegend entwickelt ist, nicht zu Stande. Bei Pleuronectes platessa, Solea vulgaris und Rhombus maximus, an welchen ich Strychninvergiftungen ausführen konnte, ist eine starke Aufwärtskrümmung des Schwanzes nach der Lichtseite die Folge des Tetanus. Im Uebrigen zeigt das durch Strychnin hervorgerufene Vergiftungsbild bei den Seitenschwimmern keine Abweichungen von dem des Aales und der höheren Wirbelthiere.

in einen Zustand versetzt, in welchem die geringste Reizung peripherer Theile Reflexbewegungen auslöst. Die Widerstände, welche sich am normalen Thiere der Ausbreitung der Reflexe entgegensetzen (Gesetz der einseitigen Reizung), sind, wie man sich ausdrückt, durch das Strychnin fortgeschafft. Bei dem Strychnintetanus ist die Stärke des Reflexes, der durch den geringsten tactilen Reiz hervorgerufen wird, so groß, daß alle Muskeln und zwar mit ihrer Maximalcontraction auf den Reiz reagiren.

Außerordentlich schön zeigt sich der durch Strychnin hervorgerufene Opisthotonus am **Aal**. In Meerwasser gesetzt, welches 1 : 1000 salpetersaures Strychnin gelöst enthielt, traten bald an diesem Fische nach den gelindesten äußeren Reizen die tetanischen Erscheinungen auf, und die Contractionen der Muskeln waren in einigen Fällen so energisch, daß ich ein Zerbrechen der starken Wände des Glasaquariums, in welchem der Versuch ausgeführt wurde, befürchten mußte. Starr und unbeweglich, krumm wie ein Türkensäbel, geht der Aal unter Athembeschwerden, welche vielleicht den letalen Ausgang zur Folge haben, an der Strychninvergiftung zu Grunde.

Mit nicht geringer Spannung folgte ich den Versuchen über die Strychninwirkung am Flußkrebs und an den Egeln. Ließ sich doch erwarten, daß besonders bei dem Krebse[1]) etwas dem Tetanus Vergleichbares zu finden sei. Die Wirkungsweise des Strychnins bei den Wirbellosen war bislang noch nicht untersucht; aber gerade auf diesem Wege durfte man zuverlässige Aufschlüsse über den nervösen Centralapparat dieser Thiere erhoffen.

---

[1]) *Claude Bernard* scheint ebensowenig durch Strychnin wie durch Curare Vergiftungssymptome am Krebs beobachtet zu haben. Er sagt (Leçons sur les effets des substances toxiques etc. S. 365) darüber nur kurz: „bien que les doses de curare et de strychnine employées fussent assez fortes, les deux autres vivent encore“. Auch er bemerkt, daß nach Strychnin nichts den Krämpfen der Rückenmarksthiere Vergleichbares bei Blutegel und Krebs auftritt.

Einem mittelgroßen **Krebse** injicirte ich 9 h. 11 min. zwischen Cephalothorax und erstem Schwanzsegmente 2 mgr. Strychnin. nitric. Es stellte sich bald ein Zustand von Mattigkeit ein, der ganz allmählich sich steigerte und, ohne daß Andeutungen von tetanischen Erscheinungen, von krampfhaften ununterbrochen andauernden Zuckungen nach tactilen oder stärkeren Empfindungsreizen vorhanden gewesen wären, gegen 12 h. einen tödtlichen Ausgang nahm. Achtmal wurde derselbe Versuch wiederholt und ohne bemerkenswerthe Abweichungen stets dasselbe Resultat gewonnen. Nach Injection von 0,8 mgr. erfolgte der Tod erst nach etwa 6 Stunden und nach Injection von 0,35 mgr. trat nach 2 Stunden schon eine merkliche Erholung ein, welche nach 6 Stunden fast wieder vollständig war.

Die Krebse befanden sich während der Versuche theils unter einer Glasglocke in feuchter Atmosphäre, theils im Wasser; denn ich hatte mich vergewissert, daß das Resultat unter beiden Bedingungen das gleiche ist, wenn man auf der Injectionsstelle ein Läppchen mittelst in Benzin gelösten Heftpflasters befestigt und so den Ausfluß der Injectionsmasse verhindert. Ein Krebs, der in eine salpetersaure Strychninlösung von 1:10.000 gesetzt war, zeigte sich nach 46 Stunden sehr matt und starb nach 51 Stunden.

Die Muskeln (vorzugsweise gilt das von denen des Schwanzes) reagiren bei hochgradiger Strychninwirkung auf electrische Reize nicht mehr normal, doch fand ich niemals, daß die Muskeln beim Erlöschen der selbständigen Bewegungen völlig unreizbar geworden waren; einige Male hatte in diesem Stadium die Reizbarkeit nur sehr wenig abgenommen.

Der **Blutegel** verhält sich dem Strychnin gegenüber sehr ähnlich; auch ihm fehlt der Mechanismus, welcher bei den Wirbelthieren die Ausbreitung der Reflexe auf weitere Districte hin unterdrückt und durch Strychnin auszuschalten ist.

Der in eine salpetersaure Strychninlösung von 4:10.000 gesetzte Egel war nach zweitägigem Aufenthalte in derselben ziemlich matt, bewegte sich aber, als er in frisches Wasser kam, sehr lebhaft und normal. Nach Injection von 3 mgr. Strychnin. nitric. trat in 2—3 Stunden am Egel ein Zustand von Scheintod ein; auf den Rücken gelegt, blieb er ruhig liegen, obgleich die Reizbarkeit der Muskeln nicht erheblich abgenommen hatte. Setzte ich ihn dann in eine größere Wassermenge, so begann etwa 9 Stunden nach geschehener Injection die Erholung, welche sich in schwachen, selbständigen Bewegungen zu erkennen gab. Nach Tagen trat völlige Genesung ein.

Ich setzte am 12. Dec. Nachmittags 4 h. 12 min. zwei Egel gesondert in eine $^1/_2$-procentige Lösung von salpetersaurem Strychnin. Am 13. Dec. Morgens 10 h. 28 min. finde ich beide noch lebend, doch beide führen nur am ganzen Körper einseitig verlaufende schwache Contractionen aus. Eine Steifigkeit der Muskeln, welche bei der Chloroform- und Atropinvergiftung so auffällig ist, existirte nicht; der Hautmuskelschlauch ließ sich durch den geringsten Kraftaufwand in jede beliebige Form bringen, und auch die Reizbarkeit der Muskeln hatte wenig abgenommen. Die Sensibilität fehlte nicht; denn das Thier reagirte noch, so gut es ihm eben möglich war, auf mechanische und electrische Reize.

Deuten die referirten Ergebnisse beim Krebs und Blutegel schon auf eine centrale Wirkung des Strychnins hin, so wird diese durch folgende Versuche zur größten Wahrscheinlichkeit erhoben.

Ein Blutegel wurde durch eine Ligatur in zwei Hälften abgeschnürt und das Kopfende mittelst der bekannten Vorrichtung[1]) einen Tag lang in eine $^1/_2$-procentige salpetersaure Strychninlösung getaucht. Bei einem zweiten in gleicher Art hergerich-

[1]) Vergl. S. 85.

teten Egel bespülte eine Strychninlösung von gleicher Concentration nicht das Kopf- sondern das Hinterende des Thieres. Nach 24 Stunden verhielt sich das der Strychninwirkung ausgesetzte Kopfende des ersten Egels genau so, wie es nach den Versuchen, bei welchen der ganze Wurm in die Strychninlösung gesetzt war, zu erwarten stand. Nur schwache selbständige Contractionen verliefen am Hautmuskelschlauche; die Muskeln reagirten auf Reize schwächer als normal, und das Gefühl war in dem vergifteten Ende nicht ganz erloschen; denn der unvergiftete Theil beantwortete die Reize, welche das Kopfende trafen, durch Abwehrbewegungen.

Der vergiftete Hintertheil des zweiten Egels war durch das Strychnin weniger beeinflußt. Die selbständigen Bewegungen hatten entschieden viel von ihrer normalen Energie eingebüßt, aber die Veränderungen waren an ihm bei weitem nicht so auffällig wie an dem strychnisirten Kopfstücke des ersten Egels. Das Kopfstück des zweiten Egels functionirte normal. Während die Wirkung des Kamphers, Chloroforms, Aethers und Atropins dieselbe ist, gleichgültig, ob man den Kopf- oder den Hintertheil des Egels mit den Auflösungen dieser Stoffe in Berührung bringt, so scheint nach meinen Versuchen der Kopftheil durch das Strychnin weit früher und stärker afficirt zu werden als das Hinterende. Es lag die Vermuthung nahe, daß das Strychnin muthmaßlich höher entwickelte nervöse Centren, welche im Kopftheile liegen, vorzugsweise beeinflusse und die gangliösen Elemente der hintern Bauchstrangregion mehr intact lasse.

Um hierüber Gewißheit zu erhalten, schnürte ich einen Blutegel durch zwei Ligaturen in drei gleiche Theile und injicirte, da die langsame Resorption des Strychnins die Anwendung des beim Chloroform beschriebenen Verfahrens zu diesen Versuchen nicht gestattete, dem mittleren Drittel $1^1/_2$ mgr. salpetersaures Strychnin. Die selbständigen Contractionen erloschen am Mittel-

stücke mehr und mehr; die Muskeln blieben electrisch reizbar; Hinter- wie Kopfende bekundeten durch Bewegungen auf diese Reize ein Gefühlsvermögen des vergifteten Mittelstückes. Die selbständigen Bewegungen am Vorder- und Hinterende verliefen von einander unabhängiger als bei chloroformirtem Mittelstücke, und die bei den analogen Versuchen mit Chloroform etc. auftretende Erscheinung der Zusammengehörigkeit des Kopf- und Hintertheiles bei der Fortbewegung fehlte völlig, wenn das Mittelstück strychnisirt war. Die Abweichung der Resultate bei vergiftetem Kopf- und Hinterende möchte ich deshalb auf ein verschiedenes Resorptionsvermögen der beiden Körperstellen bezogen wissen.

Diese Versuche dürften den Schluß rechtfertigen, daß durch das Strychnin beim Blutegel in erster Reihe die motorischen Centren des Bauchstrangs gelähmt werden, doch scheint auch das Strychnin auf die Muskeln zwar in geringem Grade direct zu wirken.

Bei **Helix pomatia** hatte die Injection einer 5-procentigen Lösung von salpetersaurem Strychnin keinen sichtbareren Effect zur Folge als die Injection einer gleichen Menge Kochsalzlösung. 2 h. 30 min. injicirte ich jeder von zwei Schnecken 3 mgr. Strychn. nitric. in den Kopftheil. Um 5 h. 10 min. sitzt die eine Schnecke oben an der Glasglocke und die andere kriecht auf der Unterlage herum. Darauf injicirte ich jedem Thiere abermals durch das theilweise geöffnete Gehäuse in die Leber $4^1/_2$ mgr. Die Thiere zogen sich sofort in's Gehäuse zurück und hatten 7 h. 15 min. noch keine Anstalten zur Fortbewegung getroffen; doch beide Thiere waren normal empfindlich auf tactile Reize, und die Beschaffenheit der Gewebe hatte scheinbar keine Veränderung erlitten. Am nächsten Tage, Morgens 9 h., finde ich die eine Schnecke wieder oben an der Glasglocke, die andere scheint noch erschöpft zu sein und hat sich mit ihrem Fuße

der Unterlage angeschmiegt. Auch diese erholte sich vollständig im Verlauf des Tages.

Morphin.

Das Morphium, dem eine combinirte Alkohol- und Strychninwirkung auf die Wirbelthiere zukommt, ist äußerst wenig wirksam auf **Hirudo officinalis**. Ein Blutegel in eine salzsaure Morphinlösung von 1:200 gesetzt, läßt kaum nach 50 Stunden Anormalitäten erkennen; weder ist eine Herabsetzung der selbständigen Bewegungen noch eine Abnahme der Muskelerregbarkeit an ihm nachzuweisen. Der Versuch dreimal wiederholt, ließ nur bei einem Egel, der am 6. Dec. Morgens 9 h. 36 min. in eine $^1/_2$-procentige Lösung von Morph. hydrochl. gesetzt war, am 7. Dec. Nachmittags 4 h. 20 min. bereits eine gewisse Mattigkeit in seinen Bewegungen erkennen. Es wäre demnach möglich, daß bei empfindlichen Egeln auch durch das Morphium verhältnißmäßig früh eine Art Strychninwirkung zur Erscheinung gebracht werden kann, welche, worauf meine Injectionsversuche mit 1-procentigen Lösungen von Morph. hydrochl. hinweisen, gewöhnlich erst durch größere Mengen hervorgerufen wird.

Coffeïn.

Das Coffeïn (s. Theïn) wirkt auf Rana temporaria, wie *Schmiedeberg*[1]) gefunden hat, scheinbar ganz anders als auf Rana esculenta. Durch dieselbe Coffeïnmenge (20 mgr.), welche nach einigen Minuten (von der Injectionsstelle ausgehend) die Muskulatur bei Rana temporaria todtenstarr macht, läßt sich bei Rana esculenta, wo sich ein Tetanus einstellt, keine nach mehreren Stunden eintretende Steifheit hervorrufen. Aber nur ein quantitativer

---

[1]) *Schmiedeberg*, Ueber die Verschiedenheit der Coffeïnwirkung an Rana temporaria *L.* und Rana esculenta *L.* Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. II. 1874. S. 62.

Unterschied wird in der Wirkung, die das Coffeïn auf beide Froscharten äußert, zu constatiren sein; denn nach einem Tage sieht man bei Rana esculenta den Tetanus fortbestehen, daneben sich aber eine Muskelstarre einstellen, bei Rana temporaria hingegen läßt in einem späteren Stadium die Steifheit nach, und tetanische Erscheinungen treten auf. Mußte man schon, da beide Froscharten sich gegen tetanisch wirkende Stoffe (z. B. Strychnin) gleich verhalten, anerkennen, daß die Muskelsubstanz bei Thieren aus ein und derselben Familie (wenn auch nur quantitative) Differenzen aufweist, so schien mir trotzdem das Coffeïn ein günstiges Gift für die Auffindung des Gleichartigen und die Sonderung des Verschiedenen unter den contractilen Geweben der Thiere zu sein.

Beim **Aal** tritt nach Injection von 0.1 gr. Coffeïn in die Bauchhöhle nach einigen Minuten, ohne daß gleichzeitig eine Steifigkeit der Muskeln bemerkbar ist, eine ausgesprochene Steigerung der Reflexthätigkeit ein. Auf jeden leisen Tritt, der im Zimmer, wo das Glasaquarium mit dem vergifteten Fische am Boden stand, gemacht wurde, antwortete der Aal durch eine einmalige energische Zuckung, die aber nie einen deutlichen tetanischen Charakter wie bei der Strychninvergiftung annahm, sondern immer nur von kurzer Dauer war. Die ersten 8—10 gethanen Schritte werden sehr präcise beantwortet; bald tritt aber eine Ermüdung ein, und es bedarf dann zur Auslösung der Reflexe eines kräftigeren Auftretens. Eine kurze Pause genügt, um das Experiment an dem Fische noch mehrere Male mit derselben Schärfe ausführen zu können.

Wurde das Coffeïn dem Aal statt auf dem Wege der Injection durch das umgebende Meerwasser in einer Verdünnung von 1:500 einverleibt, so stellten sich sehr bald dieselben Vergiftungssymptome ein. Im Verlauf des Tages trat bei meinen Versuchen stets der letale Ausgang ein, ohne daß die Muskeln

jemals den Grad der Steifheit wie bei der Strychninvergiftung erlangt hätten; ihre Erregbarkeit hatte zwar, wie die elektrische Reizung ergab, bei eintretendem Tode sehr abgenommen.

Ein **Blutegel** wurde 9 h. 39 min. in eine 1-procentige Coffeïnlösung gesetzt. Er bietet alles auf, aus dem Gefäße zu entrinnen; doch schon um 9 h. 55 min. hören die lebhaften Bewegungen auf, und die Coffeïnwirkung wird deutlich bemerkbar. Das Thier verläßt das kleine Gefäß, in dem es sich befindet, nicht mehr, die Bewegungen sind unregelmäßig, und die Lähmung scheint an den Theilen des centralen Nervensystems fortwährend zuzunehmen. 10 h. 9 min. sind die selbständigen Bewegungen fast erloschen, nur geringe Zuckungen werden an den Muskeln noch ausgelöst. Viel Schleim bedeckt die Haut und die Muskeln sind vollkommen erschlafft; der schwächste Druck bringt an dem weichen Körper eine Depression hervor. Die Muskeln haben von ihrer normalen Erregbarkeit durch electrische Reize sehr wenig, wenn überhaupt etwas eingebüßt, und ihre Reizbarkeit überdauert noch den Tod des Thieres. Selbst dann, wenn der Egel 2 Tage in der 1-procentigen Coffeïnlösung zugebracht hat, sind die Muskeln noch nicht steif.

An Hirudo äußert demnach das Coffeïn eine analoge Wirkung wie am Säugethiere, Aale und an Rana esculenta. Auch bei Hirudo sind gewisse Theile des nervösen Centralapparates, deren Integrität zum Fortbestehen des Lebens erforderlich ist, dem Coffeïn gegenüber weit empfindlicher als die contractilen Gewebe. Wie ein Vergleich mit der Atropinwirkung ergibt, müssen wir aber trotzdem annehmen, daß Verschiedenheiten zwischen den Muskeln des Egels und denen der übrigen Thiere, welche sich ebenfalls äußerst widerstandsfähig dem Coffeïn gegenüber verhalten, existiren; denn das Atropin, von dem weder eine Wirkung auf die glatte noch auf die quergestreifte Muskulatur der Wirbelthiere bekannt ist, macht sehr bald die Muskeln des

Egels unerregbar und starr[1]). Nicht eines feineren Baues wegen sind die Muskeln beim Blutegel empfindlicher gegen solche Gifte, deren Wirkung auf die in Betracht gezogenen Wirbelthiermuskeln äußerst spät eintritt oder gar nicht zur Wahrnehmung gelangt, sondern die Muskeln dieser und die des Egels sind differente Dinge. Man war um so mehr zu ersterer Vorstellung geneigt, weil das Nervensystem bei den Evertebraten morphologisch meist wenig entwickelt zu sein scheint, doch aus den Atropin- und Coffeïnwirkungen ergibt sich zur Genüge die Unhaltbarkeit dieser Auffassung. Atropinversuche an Lumbricus complanatus haben mir aber gezeigt, daß eine Verallgemeinerung der bei Hirudo von mir zwar stets beobachteten eigenthümlichen Symptome der Atropinvergiftung auf die Classe der Anneliden ebenso wenig berechtigt ist als auf den ganzen Wurmtypus. Bei erwähntem Lumbriciden vermochte ich beispielsweise eine durch Atropin veranlaßte Muskelstarre nicht nachzuweisen.

Daß die Wirkung des Coffeïns auf die nervösen Apparate von Hirudo officinalis eine centrale und keine periphere ist, geht aus meinen Injectionsversuchen am abgebundenen Mittelstück hervor. Die erst nach Injection von 3 mgr. Coffeïn deutlich auftretenden Symptome sind dieselben wie bei der Strychninvergiftung, so daß auf diese hier verwiesen werden kann.

Kupfervitriol.

Die Vergiftungserscheinungen, welche am **Blutegel** durch schwefelsaures Kupfer hervorgebracht werden, sind, soviel sich darüber aussagen läßt, dieselben wie bei der Strychninvergiftung. Dieses muß um so mehr auffallen, als bislang eine Wirkung der Kupfersalze auf centrale oder peripherische Theile des Nervensystems bei den Wirbelthieren nicht zur Beobachtung gelangt ist. Eine Wirkung der Kupfersalze auf die Muskeln ist vor Kurzem

[1]) Vergl. S. 90.

erst bekannt geworden. *Harnack*[1]) fand, daß Kupfer- und Zinksalze namentlich bei subcutaner Injection beim Frosch eine Lähmung der quergestreiften und vielleicht auch der glatten Muskeln hervorrufen.

In Wasser, welches 0,1 % Kupfervitriol enthielt, zeigte sich der Egel nach einer Stunde und zehn Minuten sehr matt; eine Bewegung auf tactile Reize erfolgte jedoch noch nach 3 Stunden. Ich hatte das Thier Abends 5 h. in die Lösung gesetzt und am folgenden Tage Morgens 9 h. fand ich es todt. Auch in einer Kupfervitriollösung von 1:10,000 lebte ein Egel nicht länger als 20 Stunden.

Um die ätzende Wirkung der Kupfersalze möglichst zu beseitigen, verwendete ich zu den folgenden Versuchen die *Fehling*'sche Lösung.

Ein Egel wurde am 18. December Morgens 10 h. 28 min. in mit *Fehling*'scher Lösung versetztes Wasser (in 1500 Theilen Flüssigkeit befand sich ein Theil weinsaures Kupferoxyd-Natron) gesetzt; am 20. December Morgens 11 h. 55 min. ist der Wurm vollständig bewegungslos, die Muskeln sind aber noch electrisch erregbar. Eine Wiederbelebung des Thieres gelang nicht. In einer gleichen Lösung von doppelter Concentration (1:750) lebten die Egel regelmäßig nicht länger als 24 Stunden.

Injectionen von verdünnter *Fehling*'scher Lösung in das separirte Mittelstück bewiesen mir, daß die Wirkung sich vorwiegend in einer centralen Lähmung äußert, daß aber auch die Reizbarkeit der Muskeln, zwar erst spät erlöschend, durch die Kupfersalze erheblich herabgesetzt wird. Die Sensibilität scheint die Bewegungsfähigkeit ein wenig zu überdauern, doch greift die Giftwirkung (wie es auch bei den anderen in der Wirkung dem Strychnin nahe stehenden Giften geschah) so rasch auf die sepa-

[1]) *Harnack*, Ueber die Wirkung der Emetica auf die quergestreiften Muskeln. Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. III. 1875. S. 44.

rirten Enden über, daß eine Gewißheit in Betreff dieser Frage von mir nicht erzielt werden konnte. Eine Lähmung peripherer Nerventheile, welche neben der centralen Wirkung bestehen könnte, entzieht sich vollkommen unserer Wahrnehmung.

Sublimat.

Noch viel empfindlicher als gegen die Kupfersalze ist der Organismus des Egels gegen den Sublimat.

Ein **Egel** wurde 3 h. in eine Sublimatlösung von 1 : 1000 gesetzt; um 3 h. 20 min. reagirte er auf starke elektrische Reize nicht mehr. In einer Lösung von 1 : 10,000 trat unter reichlichem Blut- und Schleimerguß der Tod nach 3 Stunden ein, und in einer Lösung von 1 : 100,000 war der Wurm nach 22 Stunden gestorben; im letzten Falle waren aber die Muskeln noch, wenn auch nur wenig erregbar geblieben.

In einer Sublimatlösung von 1 : 1000, in welcher ein Blutegel nach einer halben Stunde stirbt, war ein großer **Flusskrebs** nach 22 Stunden nur mäßig gelähmt. Die Athembewegungen schienen ihm schwer zu fallen, hatten aber nicht aufgehört. Ich brachte ihn in ein Reservoir, welches mit frischem Wasser gefüllt war, und ohne daß gerade an dem Krebs eine Erholung eingetreten wäre, erhielt sich die geringe Bewegungsfähigkeit noch fernere 24 Stunden. Die Erregbarkeit der Muskeln während dieser Zeit war äußerst gering.

Ein viel kleinerer Flußkrebs starb in einer Sublimatlösung von 1 : 100,000 nach 46 Stunden, während sich nach 22 Stunden noch keine Wirkung bemerkbar machte.

Aus diesen Untersuchungen darf wohl geschlossen werden, daß der Sublimat auf den nervösen Centralapparat des Egels viel rascher und energischer wirkt, als auf den des Flußkrebses.

Kali und Natron.

Salzlösungen von 5 % erträgt der **Blutegel** nicht. Die Erscheinungen, welche am Egel in so concentrirten Flüssigkeiten auftreten, sind stets die gleichen, mag man Natron- oder Kalisalpeter, Chlornatrium oder Chlorkalium anwenden. Die Beschreibung eines Versuches dieser Art gilt deßhalb für alle.

11 h. 20 min. wird ein Egel in eine 5-procentige Kochsalzlösung gesetzt. Bis 11 h. 25 min. sehr lebhafte Bewegungen und Ausstoßen reichlicher Mengen von Blut; dann tritt Lähmung ein, und 11 h. 35 min. ist diese so weit vorgeschritten, daß das Thier nicht mehr im Stande ist, das niedrige Glasgefäß zu verlassen. 11 h. 45 min. haben die selbständigen Bewegungen ganz aufgehört, 11 h. 50 min. contrahiren sich die Muskeln auf elektrische Reize nur noch wenig. In frisches Wasser gesetzt treten an dem Thiere bereits um 12 h. 18 min. selbständige Bewegungen auf, und um 2 h. ist die Wiederherstellung complet.

In einer 1-procentigen Kochsalz- oder Natronsalpeterlösung und in solchen von geringeren Concentrationsgraden (1:500, 1:1000) hielten sich die Egel 3 Tage und länger; schwer ist deßhalb die Entscheidung, ob, wenn erst nach Tagen Anormalitäten auftreten, das abgestandene Wasser oder der Salzgehalt als die Ursache derselben anzusprechen ist.

Der in eine 1-procentige ClKalösung gesetzte Egel verhielt sich nach 24 Stunden nicht abweichend von dem, welcher die gleiche Stundenzahl in einer 1-procentigen ClNalösung verlebt hatte; aber nach 48 Stunden wurde der Erstere todt gefunden, Schleim und Blut trübten die ClKalösung. Ich wiederholte diesen Versuch mit drei in verschiedene Gläser gesetzten Egeln, indem ich mich eines in eine 1-procentige ClNalösung gesetzten Egels zur Controle bediente. Ein Egel starb in der 1-procentigen ClKalösung nach etwa 30 Stunden; die anderen beiden unterschieden

sich am dritten Tage von dem ClNa-Egel nicht merklich und führten, als sie in frisches Wasser gesetzt wurden, lebhafte Bewegungen aus. Diese Resultate konnten mich nicht befriedigen, und ich stellte eine Versuchsreihe mit den salpetersauren Salzen an.

Drei Bechergläser (jedes circ. 100 gr. fassend) wurden den 5. Januar mit einer 1-procentigen Kalisalpeterlösung, drei andere von gleicher Capacität mit einer 1-procentigen Natronsalpeterlösung gefüllt. In jedes Glas kommt ein kräftiger Egel; aus einer größeren Anzahl suchte ich die lebhaftesten zu diesen Versuchen aus. Am 7. Januar waren zwei der Egel, welche ich in die Kalisalpeterlösungen gesetzt hatte, gestorben; der dritte von diesen wurde am 8. Jan. Morgens todt gefunden. Der eine von den drei Egeln, welche sich in den Natronsalpeterlösungen befanden, starb am 8. Jan. Nachmittags; die anderen beiden lebten noch am 13. Januar.

Das frühere Absterben der Egel in der ClKa- und Kalisalpeterlösung wird theilweise auch wohl auf die leichtere Resorbirbarkeit der Kaliumsalze zu beziehen sein; jedenfalls macht sich die Differenz in der Wirkung der Kalium- und Natriumsalze bei den Würmern nicht in der auffallenden Weise bemerkbar wie bei den Vertebraten. In einer ClKalösung von 1 : 500, 1 : 1000 und 1 : 10,000 erlebten die Egel ohne bemerkenswerthes Unbehagen stets den vierten Tag.

Die Veränderungen, welche sich nach langer Einwirkung einer (aus den durch die Concentration erwachsenden Schäden für diese Versuche schon kaum zulässigen) 1-procentigen ClKa- oder Kalisalpeterlösung an dem Egel offenbaren, sind ziemlich allgemeiner Natur. Aus einigen Beobachtungen, bei welchen ich die Muskeln noch erregbar, das Thier selbst bewegungslos fand, ließe sich schließen, daß auch durch das Kali die Muskeln später als der nervöse Centralapparat gelähmt werden; die Un-

terschiede sind aber oft sehr wenig markirt, und das Absterben des Wurmes ist ein ganz allmäliges.

Entsprechende Versuche mit dem **Flusskrebs** ergaben nicht weniger zweideutige Resultate. In einer ClKalösung von 1:100 wurde der Krebs nach 22 Stunden, in einer solchen von 1:500 erst nach 46 Stunden todt gefunden, während sich die Krebse in einer Kochsalzlösung von 1:100 und in einer Natronsalpeterlösung von gleicher Concentration nach 72 Stunden in unveränderter Lebensenergie erhalten hatten. In einer 1-procentigen Kalisalpeterlösung starb der Krebs im Verlauf des zweiten Tages. Auch beim Krebse ist das Vergiftungsbild ein allgemeines. Die Abnahme der Muskelerregbarkeit, das Erlöschen der selbständigen Bewegungen gehen fast immer Hand in Hand.

Den in eine Chlorbariumlösung von 1:1000 gesetzten **Egel** fand ich nach 18 Stunden regelmäßig todt; viel Schleim, bisweilen auch Blut trübten die Flüssigkeit. In einer Bleizuckerlösung von 1:1000 trat derselbe Effect ein.

Chinin.

Die von mir bereits referirten[1]) Untersuchungen von *Binz* über die Chininwirkung an Protozoen und meine Versuchsergebnisse an Polycelis dürften wohl das Interesse rechtfertigen, mit welchem ich die Resultate entsprechender Versuche an den **Blutegeln** erwartete. Nur einer meiner Versuchsreihen sei hier gedacht, weil aus dieser schon genügend hervorgeht, daß Hirudo dem Chinin gegenüber ungleich resistenter ist als die untersuchte Turbellarie und fast alle Protozoen.

Sechs kleine Bechergläser wurden mit schwefelsauren Chininlösungen verschiedener Concentration gefüllt. Eines enthielt eine Lösung von 1:100.000, ein anderes von 1:10.000, ein drittes von 1:5.000, ein viertes von 1:1.000, und die beiden anderen

[1]) S. 7.

Gläser enthielten eine Chininsulfatlösung von 1:500. In jedes Glas kam ein munterer Egel, und in keinem Falle war nach zwei Tagen eine deutliche Wirkung des Chinins auf die Würmer zu constatiren; denn setzte ich die Thiere aus den kleinen Gläsern in weitere, mit frischem Wasser angefüllte Behälter, so waren ihre Bewegungen lebhaft und die Contractionen völlig normal. Selbst an dem 10 h. 49 min. in eine 1-procentige Chininsulfatlösung gesetzten Egel machten sich um 5 h. 20 min. keine besonderen Effecte des Chinins geltend. Trotzdem möchte ich nicht gerade annehmen, daß das Chinin durchaus unwirksam auf Hirudo ist.

Curare.

Die Versuche von *Steiner* über die Curarewirkung an Wirbellosen hatten Ergebnisse geliefert, welche sich von den bekannten Verhältnissen bei den Wirbelthieren auffallend unterscheiden. Bei einigen Mollusken sollte es auf's Centralnervensystem, bei den Medusen vielleicht gar nicht wirken, und nur bei dem Krebse und den Asteriden blieb eine dem Verhalten bei den Vertebraten analoge Wirkung wahrscheinlich, ohne daß jedoch für die Wirkungsweise auf die Vertreter dieser Thierclassen genügende Thatsachen beigebracht werden konnten. Bei dem Krebse schloß *Steiner* aus einer beobachteten Unerregbarkeit der Muskeln nach Reizung des Bauchstranges auf eine Lähmung der nervösen Endapparate; aber ganz abgesehen davon, daß selbst bei rascher und umsichtiger Präparation und bei vollkommen gesunden Thieren oft die Contraction der Muskeln auf Reizung des Bauchstranges ausbleibt, daß ferner die Injectionsstelle nahe dem Herzen lag, war durch diesen Versuch nicht bewiesen, daß der Sitz der Wirkung ein peripherer und kein centraler ist. Der späte Eintritt der Vergiftungssymptome, sehr erinnernd an die Strychninwirkung. machte mir beim Flußkrebs eine centrale Lähmung viel wahr-

scheinlicher als eine periphere. Eine Aufklärung läßt sich darüber beim Krebs nicht erhalten, weil die zu den entscheidenden Versuchen erforderlichen Unterbindungen des raschen Absterbens der Muskeln und der Kleinheit der Nerven wegen unausführbar sind. Man wird deshalb bei den Arthropoden über die Curarewirkung nur durch Versuche an dünnhäutigen langen Formen (am besten würden sich hierzu die Schwärmerraupen eignen) einen Aufschluß erwarten können.

Unbekannt mit *Steiner*'s Arbeit sind von mir Versuche über die Curarewirkung auf Helgoland ausgeführt, und auch ich fand, daß eine Injection von 3.6 mgr. Curare bei **Rhizostoma Cuvieri** erfolglos ist. In seltsamer Uebereinstimmung mit *Steiner*'s Angabe findet sich in meinen Aufzeichnungen hinter der notirten Beobachtung der Satz: „anfangs scheint aber eine Zunahme der rhythmischen Contractionen des Schirmes vorhanden zu sein". In frischem Meerwasser, welchem auf 3500 Theile 1 Theil Curare zugesetzt war, verhielt sich Rhizostoma Cuvieri nach 36 Stunden, als es anderweitige Verwendung fand, noch ganz normal. Wie später ausführlicher zu erörtern sein wird, berechtigen aber weder diese noch *Steiner*'s Versuche zu der Ansicht, daß das Curare auf Rhizostoma Cuvieri und Cassiopeia borbonica oder gar (nach dem von manchen Forschern geliebten Verallgemeinerungsverfahren) auf die Ordnung der Acalephen, auf die Classe der Hydromedusen unwirksam ist.

Der **Blutegel** schien mir ein sehr günstiges Object zu sein, um über die Curarewirkung wenigstens bei den Würmern in's Klare zu kommen. Der 12 h. 17 min. in eine 1-procentige Curarelösung gesetzte Egel war am folgenden Tage, Morgens 9 h. 52 min., etwas ermattet; in frisches Wasser gesetzt, verhielt er sich anfangs sehr ruhig, blieb auf den Rücken gelegt liegen, aber nach einer halben Stunde schon sah ich ihn sich lebhaft in seinem Behälter tummeln. Ich hielt mich durch diesen Versuch

für überzeugt, daß sich die Würmer wie die Quallen durch eine große Immunität dem Curare gegenüber vor den höheren Thieren auszeichnen. Um zu sehen, ob das Curare vollkommen unwirksam auf den Egel sei, füllte ich abermals ein kleines Becherglas mit einer 1-procentigen Curarelösung und brachte in dieselbe ein anderes als das zum ersten Versuche verwandte Exemplar. Auch am anderen Morgen war die Mattigkeit dieses Egels nicht größer als die von jenem, dessen Verhalten gegen das Curare zuerst erprobt wurde. Am zweiten Tage jedoch fand ich das Thier bewegungslos in der Curarelösung, und Reizversuche belehrten mich, daß die Muskeln noch in ungestörter Weise reagirten. Eine Verschiedenheit von dem durch Chloroform, Strychnin und Kampher erzielten Effecte war auffällig genug, so daß ich an eine Lähmung der Nervenendigungen denken mußte. Ich theilte zur weiteren Aufklärung dieses Punktes einen andern Egel durch zwei Ligaturen in drei gleiche Stücke und ließ mittelst des durch die Abbildung auf S. 87 versinnlichten Apparates nur das Mittelstück des Wurmes von einer 1-procentigen Curarelösung bespült werden. Nach einem Tage war die Curarewirkung auch bei dieser Versuchsanordnung wenig deutlich, und am dritten Tage war der ganze Egel bewegungslos geworden. Dieses Resultat kam mir nicht unerwartet; denn schon die entsprechenden Versuche mit Strychnin und Morphin hatten gezeigt, daß sich die Ligaturen (ohne Zerreißungen an der Epidermis hervorzurufen) nicht so fest anlegen lassen, dass dadurch während zweier Tage die Säftecirculation zum gänzlichen Stocken gebracht wird. Ich griff deshalb auch in diesem Falle zu einer einfachen Injection des Mittelstückes. Dem mittleren möglichst sorgfältig durch beiderseits doppelt angelegte Ligaturen vom Kopf- und Hinterende separirten Stücke injicirte ich etwa 2 mgr. Curare, vom dem aber ein Theil aus der Stichwunde nachträglich wieder ausfloß. Nach 10—15 Minuten hörten die selbständigen Contractionen am Mittelstücke

auf, und ich fand, daß die Muskulatur von ihrer Erregbarkeit nichts eingebüßt hatte, und daß jeder Reiz, welcher die curarisirte Mitte traf, von dem Kopf- wie Hinterende des Thieres durch Abwehrbewegungen so scharf und deutlich beantwortet wurde, wie es bei den entsprechenden Versuchen mit Chloroform sehr selten der Fall gewesen war. Nur das Mittelstück zeigte sich bewegungslos, die Zusammengehörigkeit des Vorder- und Hinterendes, welche beim Kriechen des Egels so deutlich hervortritt, war nicht gestört, die Leitung der Impulse war in der Mitte nicht unterbrochen. Derartige Erscheinungen sind, wie wir sahen, bei einer irgendwie bedeutenderen Veränderung am nervösen Centralapparate unmöglich geworden; dergleichen Erscheinungen wurden bei der Strychnin- und Coffeïnwirkung beispielsweise nie bemerkt.

Durch die Ergebnisse dieser Versuche, deren mehrmalige Wiederholung ich nicht unterließ, wird zum ersten Male unzweideutig nachgewiesen, daß das Curare auch bei einem Wirbellosen nervöse Apparate an der Peripherie lähmt. Daß auch bei Hirudo (und ebenso verhält sich Lumbricus complanatus) allein motorische Nervenendapparate und nicht die motorischen Nerven in ihrer ganzen Ausdehnung durch Curare gelähmt werden, läßt sich zwar nur aus dem äußerlich ganz gleichen Verhalten des curarisirten Frosches erschließen, nicht bindend beweisen. Durchschneidungen von Nerven, welche zur Lösung dieser Frage unerläßlich sein würden, sind am Egel in zweckentsprechender Weise nicht auszuführen, und vermuthlich wird die Beweisführung auch an den größeren Wurmformen auf die gleiche Schwierigkeit stoßen.

Zugleich lehren diese Versuche, daß das Curare von der äußeren Haut oder vom Darmcanale des Egels sehr langsam aufgenommen wird. Hat die Aufnahme in das Körpergewebe aber stattgefunden, so bedarf es einer langen Zeit, bis das Curare wieder herausgeschafft ist. Nach vollständig eingetretener

Lähmung bedurfte es bei meinen Versuchen stets mehrerer Tage zur völligen Wiederherstellung des Thieres, mochte sich dasselbe in einer großen Wassermenge oder unter der Glasglocke in einer feuchten Atmosphäre befinden.

Veratrin.

Das Vergiftungsbild durch Veratrin setzt sich bei Wirbelthieren aus mannigfachen Wirkungen zusammen. Kein Organ bleibt intact, an allen haben wir eine directe Wirkung des Giftes. Die innervirten parenchymatischen Organe, das Centralnervensystem, die peripheren Körpertheile (Muskeln) — alle werden von dem Veratrin afficirt, und zwar findet man, daß Erregung und Lähmung an einem Organe nach einander auftreten, daß während ein Organ sich im Erregungszustande, sich das andere in einem Lähmungsstadium befindet. Das Veratrin schafft einen richtigen künstlichen Collapsus; an einer allgemeinen Erschöpfung (besonders des Herzmuskels) geht schließlich das Individuum zu Grunde.

Der tiefgreifenden Effecte wegen, welche das Veratrin in außerordentlich minimalen Mengen auf jedes lebendige Gewebe äußert [1]), kann es nicht überraschen, wenn die Vergiftungserscheinungen nach Empfindlichkeit der einzelnen Gewebe des Thieres, der Aufnahmestelle im Körper bei verschiedenen Individuen ein und derselben Art etwas variiren, daß das Veratrin eine Substanz ist, dessen Wirkung man nicht sicher beherrscht. Aus zahlreichen Versuchsreihen —, welche ich besonders über das Verhalten der Muskeln dem Veratrin gegenüber auch an Hirudo ausgeführt habe, und von denen einige, um einen Begriff theils von den zur Vergiftung erforderlichen geringen Dosen, theils von dem Vergiftungsbilde überhaupt zu geben, hier Mittheilung finden — ergibt sich der allgemeine Charakter der Veratrinvergiftung an Wirbellosen aller Typen.

[1]) Vergl. auch *Kühne* a. a. O.

Bespült eine Coffeïnlösung von 1 : 2500 zwei Tage lang den Egelleib, so sind dauernde Erfolge dadurch nicht zu erzielen. Viel energischer wirkt das Veratrin. In einer neutralen (durch Essigsäure abgestumpften) Veratrinlösung von 1 : 1,000,000 sind zwar auch an **Hirudo** meist nach zwei Tagen keine Vergiftungszeichen ersichtlich; aber in einer neutralen Veratrinlösung von 1 : 100,000 bedarf es nur weniger Stunden, um die bei der normalen Bewegung auftretenden rhythmischen Contractionen am Egelkörper verschwinden zu machen.

Der 11 h. 14 min. in eine Veratrinlösung von 1 : 100,000 gesetzte Egel vermochte 11 h. 40 min. keine kräftige, geregelte Bewegungen selbständig mehr auszuführen; ungeordnete, schwache Contractionen verliefen an ihm. Der schlaffe Hautmuskelschlauch trug stellenweise (durch eine stärkere locale Contraction mehrerer Ringmuskeln veranlaßt) tiefere Einschnürungen, die nur schwer zum Verstreichen zu bringen waren. Alles erinnerte daran, daß auch beim veratrinisirten Egel die Muskeln nach erfolgter Contraction schwieriger als normal in den Erschlaffungszustand zurückkehren. Ein anderer 11 h. 16 min. in eine Veratrinlösung von 1 : 10,000 gesetzter Egel vermochte 11 h. 35 min. nur noch unregelmäßige Bewegungen auszuführen.

Abwehrbewegungen, wohl als Schmerzäußerungen zu deutende lebhafte Krümmungen und Schlängelungen, rastloses Arbeiten, um aus der Veratrinlösung zu entkommen, bilden das erste Symptom der Veratrinwirkung. An einem Egel, der 12 h. 1 min. in eine 0,5-procentige neutrale Veratrinlösung gesetzt war, erloschen diese Reizerscheinungen aber schon 12 h. 10 min., und als ein Ausdruck dafür, daß hier eine Erregung, dort eine Lähmung nervöse oder contractile Elemente befiel, stellte sich ein mehr passives Wogen am Hautmuskelschlauche ein. Auch bei dem vollkommen curarisirten Thiere traten diese fluctuirenden Bewegungserscheinungen an der Muskulatur ein, und daraus geht hervor, daß

ebenfalls die Muskeln von dem Veratrin direct angegriffen werden. Oft erhält sich dieses Spiel an den Muskeln viele Stunden lang; so bemerkte ich z. B. an dem 12 h. 1 min. in eine 0,5-procentige Veratrinlösung gesetzten und 2 h. 33 min. aus dieser in frisches Wasser übergebrachten Egel, ohne daß jemals eine Erholung des Thieres eingetreten wäre, noch spät Abends (8—9 Uhr) schwache Zuckungen.

Die durch das Veratrin an dem Blutegel gesetzten Veränderungen sind so tiefgreifender Natur, und dadurch sehr abweichend von der Wirkung aller anderen z. Z. auf die Würmer untersuchten Gifte, daß eine Wiederherstellung des Thieres bei einigermaßen längerem Verweilen in der Veratrinlösung (selbst nach $^1/_2$—1-stündigem Aufenthalte in einer Lösung von 1 : 100,000 gelang die Restitution nicht) mir niemals glückte. Nach Strychnininjection des Mittelstückes ist bei eingetretener Bewegungslosigkeit, wie meine Versuche gelehrt haben, das Empfindungsvermögen nicht erloschen. Ganz anders gestaltet sich das Bild bei der Veratrinvergiftung. Unregelmäßige Zuckungen der Muskeln, deren Erregbarkeit durch electrische Reize vermindert aber nicht ganz aufgehoben ist, bleiben wahrnehmbar bis zum Tode des Thieres, und auf electrische oder mechanische Reizung des durch Veratrin afficirten Mittelstücks vermißte ich die Bewegungen des unvergifteten Kopf- und Hinterendes, aus deren Eintreten bei der Strychninvergiftung auf eine erhaltene Sensibilität geschlossen werden durfte. Während durch das Strychnin, wie ich annehmen muß, zuerst und vorwiegend beim Blutegel die Centren motorischer Nerven eine Lähmung erfahren, werden durch das Veratrin wohl mehr die Empfindungscentren beeinflußt.

Straßburg i. Els., den 4. Febr. 1879.

II. Spurilla neapolitana delle Chiaje.

Die Ausführung toxicologischer Untersuchungen stößt bei Mollusken auf viele Hindernisse. Die langsame Reaction der Muskeln, die geringe Vitalität der Gewebe macht die meisten Gastropoden und Lamellibranchiaten zu einer großen Zahl von Versuchen ungeeignet. Es galt deßhalb zuerst solche Arten auszuwählen, bei denen die Lebensäußerungen deutlich hervortreten. Die mittelländischen Cephalopoden, und unter diesen besonders Eledone moschata, entsprechen dieser Forderung; der Farbenwechsel ihrer Haut ist ein werthvoller Indicator für die Vorgänge, welche unsichtbar an den central gelegenen Apparaten ablaufen. Deßhalb hatte ich ihnen auch meine besondere Aufmerksamkeit zugewandt und diesen seltsamen Mechanismus des Chromatophorenspieles so weit aufzuklären versucht, als es mir mit meinen unzureichenden Mitteln eben möglich war.

Die Cephalopoden unterscheiden sich schon durch den hohen Grad ihrer Organisation zu auffallend von den übrigen Mollusken, als daß die an dieser Classe gewonnenen Ergebnisse eine nur annähernd richtige Vorstellung von dem Verhalten des gesammten Molluskentypus liefern könnten. Wie sich schon in den Verdauungsvorgängen gerade bei den Mollusken große Verschiedenheiten bei nahe stehenden Arten ergeben hatten [1]), die nicht in der einfachen Weise wie bei Arthropoden und Würmern verständlich zu machen waren, so stellten auch *Bernstein*'s, *Steiner*'s, *Klemensiewicz*'s und meine bereits referirten Untersuchungen über die Curarewirkung auf Mollusken denselben Wechsel der Resultate bei den Giftwirkungen auf verschiedene Species in Aussicht. Auch *Heckel*'s interessante Befunde deuteten darauf hin.

---

[1]) *Krukenberg*, Ueber die Verdauungsvorgänge bei Cephalopoden, Gastropoden und Lamellibranchiaten. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 402.

Die Papillen tragenden Formen (Tethys, Aeolis etc.) schienen mir nächst den Cephalopoden die günstigsten Objecte zu den beabsichtigten Versuchen zu sein, und die große Menge der Exemplare, welche mir Herr Dr. *Graeffe* von Spurilla neapolitana[1]) bereitwilligst zur Verfügung stellte, bestimmte mich diese Art zur Untersuchung auszuwählen.

Insofern eignet sich Spurilla ebenfalls besser wie die Pulmonaten zu den Versuchen, als man das Gift dem umgebenden Wasser zusetzen und dadurch die erheblicheren Verletzungen des Thieres bei der Einstichmethode vermeiden kann. Auch als Nacktschnecke bietet Spurilla ein günstigeres Beobachtungsobject als die Gehäuse tragenden Arten.

Die Wirkung des Curare an Spurilla neapolitana ist weniger auffällig als an Helix pomatia.

5 h. 24 min. wird eine Spurilla in ein halbes Liter frisches Meerwasser gesetzt, welches 1% **Curare** von ausgezeichneter Qualität enthält. Das Thier krümmt sich nach wenigen Secunden zusammen, und die Papillen bewegen sich lebhaft. Während der folgenden 6 Minuten versucht das Thier einige Male seinen Platz im Aquarium zu wechseln; doch sehr bald zeigt es sich dazu unfähig und 6 h. 50 min. sind nur noch schwache Bewegungen an einzelnen Papillen bemerkbar, sonst befindet sich die Schnecke in völliger Ruhe. Die Muskeln sind während dieser Zeit reizbar geblieben, die Wirkung scheint auch hier centrale,

---

[1]) Die Bestimmung dieses Aeolidiers verdanke ich der Liebenswürdigkeit des Herrn Dr. *Rud. Bergh*, welcher mir auch die hier folgende Literatur über diese Species gütigst zusammenstellte:

R. Bergh, anat. Bidr. til Kundsk. om Aeolidierne. Kgl. Danske Vidsh. V. Skr. 5 R. VII. 1864. p. 205. sub V. B.

— , Beitr. z. Kenntn. d. Aeolidiaden. IV. Verh. d. k. k. zool.-bot. Ges. in Wien. XXVI. 1876.

Trinchese, anat. e fisiol. della Spur. neapol. Mem. dell' Acc. delle sc. dell' Inst. di Bologna. 3 S. IX. 1878. p. 405—450. Tav. I—XII.

keine peripherische Nervenapparate betroffen zu haben. Eine zweite und dritte Spurilla, welche 5 h. 33 min. nachträglich in dieselbe Flüssigkeit gesetzt waren, verhielten sich nicht abweichend von dem ersten Versuchsthiere.

Ich vermuthete, daß das Curare rascher wirken werde, wenn durch eine Verwundung tiefere Theile mit der Curarelösung direct in Berührung gebracht würden. 5 h. 49 min. wurde deßhalb eine Spurilla nach Resection zweier Papillen in eine 1-procentige Curarelösung [1]) gesetzt. Das Vergiftungsbild war auch hier ziemlich das gleiche wie im ersten Falle; 5 h. 52 min. machte die Schnecke noch einige Vorwärtsbewegungen, und nur sehr unbedeutend könnte die Beschleunigung der Giftwirkung nach dieser Operation gewesen sein.

Alle curarisirten Aeolidier blieben während der Nacht in der Curarelösung und wurden anderen Tages Morgens 8 h. 30 min. in frisches Meerwasser gesetzt. Sie waren vollständig bewegungslos, die Muskeln aber noch sehr gut reizempfindlich. Eine Wiederbelebung gelang aber bei keiner. 2 h. 42 min. wurden zwei andere Spurillen in eine 1-procentige Curarelösung gesetzt. Sie blieben darin, bis sie sich unbeweglich zeigten, was 4 h. 34 min. eingetreten war. Dann in frisches Meerwasser gebracht, führten die Papillen schon 5 h. 30 min. wieder schwache, selbständige Bewegungen aus, und eine Spurilla hatte sich am nächsten Morgen 7 h. 30 min. völlig erholt.

Da wir also auch bei Spurilla ebensowenig wie bei anderen Gastropoden einen Anhalt für den Ort der Curarewirkung erhalten konnten, es vielmehr fraglich bleiben muß, ob das Curare peripherische oder centrale Theile des Nervensystems lähmt, da es ferner bislang unmöglich war, durch ein anderes Gift eine Lähmung motorischer Nervenendapparate zu erzielen und bestimmt

[1]) Das Curare wurde selbstverständlich bei diesem und allen ähnlichen Versuchen wie die anderen Gifte in frisch geschöpftem Meerwasser gelöst.

nachzuweisen, so haben die an Spurilla mit anderen Giften gewonnenen Versuchsergebnisse nur eine sehr untergeordnete Bedeutung und sind zur Klarlegung der Functionsdifferenzen bei Mollusken wenig geeignet. Deßhalb sei nur kurz einiger derselben gedacht.

5 h. 32 min. setzte ich mehrere Spurillen in **veratrinisirtes** Meerwasser (1:10,000). Ohne ausgesprochene Vergiftungssymptome ziehen sie sich allmählich zusammen. Die spontanen Bewegungen am Hautmuskelschlauche und an den Papillen sind 5 h. 44 schon sehr geschwächt. Die Thiere rollen sich igelartig zusammen, schwache Ein- und Auswärtskrümmungen sind noch 5 h. 50 min. zu bemerken. Die Spurillen wurden dann in frisch geschöpftes Meerwasser übergebracht, und nach 14 Stunden hatten sich einige ziemlich vollständig erholt; die anderen lebten auch noch, doch ihre Genesung nahm längere Zeit in Anspruch. Nach einem mehrstündigen Aufenthalte in der Veratrinlösung (1:10,000) ist der letale Ausgang unvermeidlich.

Außer dem Veratrin wirkt kein anderes daraufhin untersuchtes Gift auf Wirbellose aller Typen so energisch ein als das Nicotin. Die Convulsionen, welche das **Nicotin** an Krebsen hervorruft, treten besonders schön an Porcellana longicornis auf. Nach einem 20—30 Secunden langen Aufenthalte in einer 1-procentigen Nicotinlösung beginnen an den Gliedmaßen dieses Krebses die heftigsten Krämpfe (wobei die Scheeren- und Gehfüße oft vom Körper abbrechen) und später kommt auch der Schwanz in krampfartige Bewegung. Nach etwa einer Minute tritt aber schon der Tod ein. Interessant ist das Vergiftungsbild auch bei Acera bullata. Nicht unähnlich der curarisirten Helix streckt sich 5 h. 45 min. die um 4 h. 11 min. in eine 1-procentige Nicotinlösung gesetzte Schnecke weit aus ihrem Gehäuse hervor; sie ist ganz bewegungslos, die Muskeln sind erschlafft aber reizbar geblieben. Ich brachte die Acera sogleich in frisches Meerwasser.

Um 7 h. Abends war sie noch ebenso steif und aus der Schale gestreckt als eine Stunde zuvor; doch merkwürdiger Weise trat nach 12 Stunden eine Erholung und nach einigen Tagen vollkommene Genesung ein.

In der Spreitzung der Papillen bei der nicotinisirten Spurilla glaube ich etwas den Convulsionen bei Porcellana Entsprechendes sehen zu müssen. Diese Erscheinung wurde an den Spurillen, welche sich wenige Minuten in einer 1-procentigen Nicotinlösung befunden hatten, regelmäßig bemerkt. Nach 10—20 Minuten ist die in eine 1-procentige Nicotinlösung gesetzte Spurilla bewegungslos geworden, ein Theil des Vorderdarmes hervorgestülpt, und die Papillen stehen starr vom Körper ab. Eine Wiederbelebung der Thiere, an welchen sich diese Vergiftungssymptome manifestirten, gelang mir nicht.

Die Wirkung einer **Strychnin**nitratlösung von 1:500 wird an Spurilla nach wenigen Minuten deutlich. Das Thier krümmt sich stark zusammen, meidet (auch auf den Rücken gelegt) die Bewegungen, umgibt sich mit schleimigem Secret, und bald erlöschen auch als das letzte Lebenszeichen die selbständigen schwachen Bewegungen der Papillen. Die Reizbarkeit der Muskeln ist in diesem Stadium nur noch gering, von Krämpfen tetanischen oder convulsiven Charakters wurde jedoch nie etwas bemerkbar.

Eine größere und eine kleinere Spurilla werden gleichzeitig um 4 h. 21 min. in eine 1-procentige **Coffeïn**lösung gesetzt. 4 h. 30 min. kriechen die Schnecken noch im Aquarium herum, als eine derselben aber 4 h. 32 min. auf den Rücken gelegt wird, bleibt sie ruhig liegen und ist 4 h. 35 min. bewegungslos geworden. Auf Reize antworten die Muskeln der Haut und der Papillen nur durch schwache Contractionen. Die zweite Spurilla führt 4 h. 37 min. noch sehr langsame, selbständige Bewegungen aus. 4 h. 45 min. ist aber auch sie wenig reizbar, zusammengekrümmt und steif. 4 h. 51 min. reagiren allein noch die Papillen

auf Reize, und auch diese nur schwach. Beide Thiere kommen dann in frisches Meerwasser. 5 h. 21 min. bewegen sich die Papillen auf Reize schon wieder stärker; 6 h. 15 min. werden an der größeren Spurilla bereits selbständige Bewegungen bemerkt, und nach 12 Stunden haben sich beide erholt. Das Coffeïn wird demnach auch für diesen Gastropoden als ein Muskelgift angesprochen werden dürfen.

Das **Physostigmin** scheint eine centrale Wirkung auf Spurilla zu äußern. Die 4 h. 21 min. in eine 1-procentige schwefelsaure Physostigminlösung gesetzte Spurilla hatte sich 4 h. 30 min. zusammengekrümmt; 4 h. 40 min. rührte sich das auf den Rücken gelegte Thier lange Zeit nicht mehr, auf Reizung erfolgte aber ein heftiges Sträuben der Papillen. 5 h. 15 min. waren noch spontane Muskelcontractionen an Fuß und Papillen wahrzunehmen, und Reize wurden noch ziemlich normal beantwortet. 5 h. 53 min. ist die Spurilla ganz bewegungslos, der Hautmuskelschlauch verharrt im erschlafften Zustande, die Muskeln selbst reagiren noch sehr gut auf Reize. Eine Wiederbelebung des durch Physostigmin jedenfalls sehr tiefgreifend afficirten Thieres war mir unmöglich.

Ohne besonders auffällige Erscheinungen geht innerhalb 10—15 Minuten Porcellana longicornis in einer **Atropinsulfatlösung** von 1:200 zu Grunde. Der Tod erfolgt im Zustande mäßiger Erschlaffung; die Muskeln behalten ihre Reizbarkeit bis zum Tode bei. Unter einem ähnlich unbestimmten Vergiftungsbilde tritt der letale Ausgang bei den in eine $^1/_2$-procentige Atropinsulfatlösung gesetzten Spurillen etwa während derselben Zeit ein. An den Muskeln hat sich keine Starre ausgebildet, obgleich ihre Reizbarkeit meist sehr abgenommen hat. Die Papillen stehen gewöhnlich an den atropinisirten Spurillen steif vom Körper ab, doch ist dieses keine ganz constante Erscheinung.

Das Adriatische Meer hat nach den Analysen von *Salvetti*[1]) in der Umgebung von Triest einen Salzgehalt von etwa $3^1/_2$ %. In einer reinen mit Luft gesättigten $3^1/_2$-procentigen Kochsalzlösung machten sich erst nach mehreren (8—12) Stunden an den Spurillen Functionsstörungen bemerkbar, während die 3 h. 27 min. in eine ebenso präparirte $3^1/_2$-procentige Chlorkaliumlösung gesetzten Spurillen nach wenigen Minuten sich auf's Aeußerste zusammengekrümmt hatten, und obgleich sie schon 4 h. 10 min. in viel frisches Meerwasser gesetzt waren, 5 h. 47 min. im Contractionszustande starben. Alle Wiederbelebungsversuche blieben bei den Spurillen, welche nur Eine Stunde lang in der $3^1/_2$-procentigen Chlorkaliumlösung verweilt hatten, erfolglos. Auch an Spurilla macht sich somit der auffallende Unterschied in der Wirkung des Natron und Kali geltend.

III. Synapta digitata Mntg.

In einer 1-procentigen Curarelösung war bei Hirudo officinalis die Lähmung der motorischen Nervenendapparate erst am zweiten Tage vollständig geworden. Wir sind berechtigt, da die subcutane Injection von kaum Einem Milligramm Curare nach wenigen Minuten den Egel lähmt, diesen späten Eintritt der Wirkung auf das geringe Resorptionsvermögen der äußeren Theile dieses Wurmes zu beziehen. Trotzdem sahen wir ihn sich von der Curarevergiftung völlig erholen, und daraus folgern wir, daß die Hautathmung zur Unterhaltung des Lebens für den Egel ausreicht. Ohne eingeleitete künstliche Athmung nimmt die Curarewirkung, soviel bekannt ist, an Thieren der verschiedensten Classen und Typen, bei welchen die motorischen Nervenendapparate durch dasselbe gelähmt werden, einen letalen Ausgang, wenn das Sauer-

[1]) Vergl. *Goracuchi,* Die Adria und ihre Küsten. 2. Aufl. Triest. 1872. S. 61.

stoffbedürfniß durch die Hautathmung nicht gedeckt werden kann. So überleben Actinien (Sagartia, Anthea), kiemenlose Würmer (Hirudo, Lumbricus), und Frösche sehr leicht die Curarevergiftung; Krebse, bei denen der Ort der Curarewirkung zwar zweifelhaft ist, Spirographis Spallanzanii, Fische (Anguilla, Pleuronectes, Rhombus, Gobius), Vögel, Säuger und vielleicht auch alle Echinodermen erliegen hingegen fast regelmäßig den Folgen der Curarewirkung. Wo Pumpwerke den Wasser- oder Luftstrom zu den athmenden Gefäßverzweigungen geschützterer Lage treiben, oder Muskelcontractionen die athmenden Flächen schaufelartig in Bewegung setzen, und so für eine Erneuerung des zu athmenden Mediums gesorgt wird, da ist die Hautrespiration für sich meist unzureichend, den Sauerstoffbedarf des Organismus zu befriedigen. Bestandtheile des Körpers, welche wie z. B. das Hämoglobin und das Hämocyanin mit der Eigenschaft begabt sind, den Sauerstoff festzuhalten und ihn bei eintretender Sauerstoffarmuth der Gewebeathmung anheimzustellen, leisten an sich nie so viel, als daß auf diesem Wege tagelang eine bedeutend unter die Norm herabgesunkene Sauerstoffzufuhr ausgeglichen werden könnte. Stellt deßhalb die Athemmuskulatur in Folge der Lähmung ihrer zugehörigen Nervenendapparate durch Curare ihre Function ein, so ist der Erstickungstod unausbleiblich.

Wie aber unter physiologischen Verhältnissen (Winterschlaf etc.) der Verbrauch des Organismus an Eiweiß, Kohlehydraten, Fett etc. unter das normale Maß herabsinken kann[1]), so läßt sich auch die Gewebeathmung bei einigen Thieren ohne Nachtheil für ihr Leben sehr bedeutend vermindern[2]), und es scheint, daß dieser bei höheren For-

[1]) Vergl. *Bernard, Cl.* Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses. Paris. 1857.

[2]) Vergl. *Pflüger,* Archiv für die gesammte Physiologie. Bd. X, S. 251 (Einfluß der Sauerstoffentziehung auf die Lebensfunction bei Fröschen) und *Zuntz*'s und *Pflüger*'s Beobachtungen (Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XIV, S. 616 u. 628) über die Lebenstenacität menschlicher Embryonen.

men experimentell zu erzeugende Zustand bei manchen weniger hoch organisirten das Normale ist. So ist es mir wahrscheinlich, daß z. B. der Frosch nicht nur seiner Hautathmnng wegen die Curarevergiftung überlebt, sondern vorwiegend deßhalb, weil er auch zu leben vermag, wenn seine Gewebeathmung auf ein Minimum herabgesetzt ist. Nur von diesem Gesichtspunkte aus läßt sich meines Erachtens die Verschiedenheit der Curarewirkung an Hirudo und Synapta, zu deren Besprechung wir jetzt übergehen, befriedigend erklären.

In einer **Curare**lösung von 1:300 wird die Synapta regelmäßig während 20 Minuten vollkommen gelähmt. Der Hautmuskelschlauch ist schlaff, ohne jede Steifheit, und die normale Reizbarkeit ist unmerklich vermindert. Alle Wiederbelebungsversuche der durch Curare gelähmten Synapta mißlangen mir stets.

Nicht mit der bei Hirudo annähernd erlangten Gewißheit läßt sich der Sitz der Curarewirkung bei Synapta in die motorischen Nervenendapparate verlegen. Daß bei Reizung des Kopftheiles sich die Muskelcontractionen nicht über die Reizstelle hinaus fortpflanzen, könnte auch auf einer Lähmung motorischer Centraltheile beruhen. Doch schon diese Erscheinung deutet wie das gesammte Vergiftungsbild (Intactheit der erschlafften Muskeln, ganz allmählicher Eintritt der Bewegungslosigkeit, Mangel convulsiver Krämpfe), welches in allen seinen Einzelheiten an das von Hirudo auffallend erinnert, auf eine Lähmung peripher gelegener nervöser Elemente hin.

Durch die ausgiebige Entwicklung des Wassergefäßsystems, die zweifellos der Athmung dienenden Wasserlungen, deren Alveolen nicht selten mit dem Schlamme des Meeresgrundes angefüllt sind, unterscheidet sich diese Holothurie bemerkenswerth von Hirudo. Wie schon ihre Organisation vermuthen ließ, ertragen ihre Gewebe lange nicht den Sauerstoffmangel, welcher für den

Blutegel ohne nachtheilige Folgen bleibt; denn da die Curarelähmung an der unverletzten Synapta hundertmal früher eintritt als an Hirudo, so kann nicht angenommen werden, daß der Gasaustausch durch die Epidermis dieses Wurmes ein regerer ist als durch die äußerst resorptionsfähige Haut der Synapta. Aus den verschiedenen Folgen der Curarewirkung an Hirudo und Synapta darf deßhalb der Schluß gezogen werden, daß der Sauerstoffbedarf beider Thiere ein sehr verschiedener ist, daß die Gewebeathmung bei Synapta ohne nachtheilige Folgen nie auf das Minimum herabgedrückt werden kann, welches von Hirudo leicht ertragen wird. Für die Richtigkeit dieser Deutung spricht ferner auch die Thatsache, daß wenige Meeresbewohner so empfindlich gegen sauerstoffarmes Meerwasser sind als wie gerade die Synapta. Ganz ähnlich wie Synapta verhalten sich in dieser Beziehung die Cephalopoden. Auch deren Epidermis besitzt eine außerordentliche Resorptionsfähigkeit, wie schon daraus hervorgeht, daß Nicotinlösungen von 1:100,000, Strychninnitratlösungen von 1:40,000 fast momentan auf die in der Haut gelegenen Apparate nervöser Natur wirken. Aber trotzdem das Resorptionsvermögen der Epidermis bei den Cephalopoden so bedeutend ist, hört mit dem letzten Athemzuge auch ihr Leben auf.

Zur Prüfung der **Kampherwirkung** bedeckte ich die in frischem Meerwasser befindliche Synapta mit einem großen Uhrglase, welches ich auf der concaven Fläche mit einer Kampherkruste überzogen hatte. Sogleich stellten sich als der Ausdruck einer Reizung sensibler Nerven heftige Bewegungen ein, wie sie bei der Vergiftung durch andere Substanzen an der Synapta nicht zur Beobachtung gelangten. Nach 30 Minuten war das Thier vollständig bewegungslos; electrische Reize brachten die Muskeln jedoch noch zur Zusammenziehung. In frisches Meerwasser gesetzt, erholte es sich im Verlauf einer Stunde, obgleich die Muskeln, als die Synapta aus der Kampheratmosphäre in

das reine Wasser übergebracht wurde, einen geringen Grad von Starre angenommen hatten.

Nach etwa 25 Minuten stellte die Synapta in einer **Strychninnitratlösung** von 1:500 ihre Bewegungen ein. Ihre Muskeln erwiesen sich noch gut reizbar; nicht gelang es aber, vom Kopftheile aus Muskelcontractionen an entfernteren Körpertheilen hervorzurufen. Als die Holothurie dann in frisches Meerwasser gebracht wurde, blieb sie weitere 20 Stunden noch immer bewegungslos; ihre Muskeln contrahirten sich auf Reize wie normal. Nach 30 Stunden führte das Kopfende schwache Bewegungen aus, doch erholte sich die Synapta trotz häufiger Erneuerung der großen Wasserquantität, in der sie sich befand, nicht wieder; sie starb am zweiten bis dritten Tage. Diese unbestimmten Erscheinungen wiederholten sich ohne bemerkenswerthe Abweichungen an allen übrigen durch Strychnin vergifteten Synapten. Tetanische Krämpfe unterbrachen zu keiner Zeit den allmählichen Eintritt der Lähmung motorischer Centren.

Ein 15 Minuten langer Aufenthalt in **ätherisirtem** oder **chloroformirtem** Wasser genügt auch bei Synapta, um die Muskeln starr und electrisch unerregbar zu machen. Die volle Restitution gelang nach eingetretener Muskelstarre nicht mehr, obschon die Muskeln nach 24-stündigem Verweilen in frischem Meerwasser wieder reizbar geworden waren. Wie beim Egel ist auch bei Synapta die Muskelstarre das erste Anzeichen der Aether- oder Chloroformwirkung, und kein Beweisgrund läßt sich für die Annahme beibringen, daß die nervösen Centralapparate eine Veränderung durch die Stoffe der Alkoholgruppe bereits zu der Zeit erfahren, wo die Muskeln ihre Reizbarkeit verloren haben.

Das Mißlingen der Wiederbelebungsversuche nach ausgebildeter Aether- oder Chloroformparalyse der Muskulatur bietet ebenfalls keinen Anhalt für eine centrale Wirkung, da der tödt-

liche Ausgang auch seinen Grund in einer Lähmung der Respirationsmuskeln haben kann.

In **destillirtem Wasser** war Synapta nach 30 Minuten starr und unerregbar geworden. Wiederbelebungsversuche im frischen Meerwasser blieben ohne jeden Erfolg.

10 h. 47 min. wurde ein gut erhaltenes Exemplar in eine **Nicotin**lösung von 1:600—700 gesetzt. 10 h. 52 min. traten energische Contractionen ein und um 11 h. 12 min. vollkommene Bewegungslosigkeit und Muskelstarre. Die Längsmuskulatur behielt stets am längsten ihre Reizbarkeit bei; an eine Wiederherstellung war nicht zu denken.

Eine der physiologisch merkwürdigsten Erscheinungen bei vielen Holothurien ist das Zerreißen des Darmes oder die Selbsttheilung des ganzen Thieres, welche unter gewissen Umständen (besonders bei Sauerstoffmangel) häufig eintreten.

Wo derbe Bindegewebsfascien und Aponeurosen die Muskeln umhüllen, und Ligamente mannigfaltiger Art einer Luxation an den Gelenken entgegenwirken, kommt es viel seltener zu so großartigen Zerreißungen, wie sie durch geringfügige Insultationen bei den Thieren hervorgebracht werden, deren Bindesubstanzen eine größere Festigkeit und Tenacität mangelt. Schon sehr selten sind in der Wirbelthierreihe die Fälle (Eidechsenschwanz), wo ein Körpertheil bei andauernder äußerster Contraction seiner Muskeln eine solche Sprödigkeit erlangt, daß ein verhältnißmäßig geringer Kraftaufwand ihn brechen macht. Thatsachen, welche darauf hinweisen, daß auch bei Vertebraten lediglich durch einen Krampf der zugehörigen Muskelgruppen Körpertheile vom Stamm abgerissen oder abgebrochen werden können, sind mir unbekannt. Bei vielen Wirbellosen kommt aber thatsächlich dergleichen vor. So zerstückeln sich ähnlich wie die Synapta auch viele Würmer: aus demselben Grunde lösen sich ferner die Papillen bei Tethys und einigen Aeolidiern vom übrigen Körper ab; durch die

energische Zusammenziehung der Muskeln zerreißt der Darm vieler Holothurien und wird sogar bei einigen Arten alsdann aus der Mundöffnung hervorgestoßen. Diesen Zerstückelungsact, welchen man wohl sehr gut mit dem Opisthotonus der Wirbelthiere vergleichen dürfte, hoffte ich bei Synapta durch **Strychnin** besonders schön zur Anschauung bringen zu können. Doch es unterliegt jetzt kaum mehr einem Zweifel, daß das Strychnin in anderer Weise auf die in dieser Hinsicht untersuchten Wirbellosen als auf die Vertebraten wirkt, daß der Mechanismus, welcher bei diesen am Reflexapparate durch Strychnin gelähmt wird, bei jenen nicht vorhanden ist. Wir dürfen uns deßhalb nicht sehr wundern, wenn wir uns in unserer Erwartung bei Synapta getäuscht haben und den erhofften Effect bei der Strychninwirkung hier nicht prägnant zu Stande kommen sehen. Stoffe, durch die wir einen centralen Reizzustand längere Zeit unterhalten können, werden eher eine andauernde Muskelcontraction hervorbringen und so eine Selbsttheilung der Synapta veranlassen. In dieser Weise scheint das Atropin zu wirken.

Wird die Synapta in eine **Atropin**sulfatlösung von 1:500 gesetzt, so reagirt sie darauf zuerst durch lebhafte Bewegungen. Ihre krampfartigen Krümmungen erinnern an die des kampherisirten Thieres, sind aber nicht ganz so energisch. Dann erfolgt fast regelmäßig die besprochene Selbstzerstückelung, der Hautmuskelschlauch nimmt eine eigenthümlich milchweiße Farbe an und kehrt später in den Erschlaffungszustand zurück. Nach etwa 40 Minuten tritt Bewegungslosigkeit ein, an den Muskeln erhält sich die Reizbarkeit noch lange. Wird zu dieser Zeit die Synapta abgespült und in frisch geschöpftes Meerwasser gesetzt, so stellen sich nach einigen Stunden wieder selbständige Bewegungen ein, doch zu einer völligen Genesung kam es bei meinen Versuchen nicht.

IV. Sagartia troglodytes Gosse
und
Turris digitalis Müller.

Je höher die lebenden Wesen entwickelt sind, um so ungleicher werden ihre Theile, das Wesen um so weniger theilbar. So gibt es Organismen, welche sich nach allen Richtungen theilen lassen, und deren einzelne Theile sich zum vollständigen Thiere regeneriren können (Protozoen, Hydra). Ferner gibt es Organismen, die nach bestimmten Radien theilbar sind; bei denen die Antimeren sich zum ganzen Thiere wieder ergänzen (Medusen). Die Anneliden z. B. lassen sich hingegen nur in lebensfähige Segmente zerlegen, und an den höchst entwickelten Thierformen ergänzen sich unter gewissen Bedingungen zwar abgetrennte Stücke wieder, der abgeschnittene Theil selbst aber geht zu Grunde.

Diesen Verhältnissen entsprechen viele unserer toxicologischen Erfahrungen. So war kein Gift ausfindig zu machen, welches bei Hirudo nur auf die Ganglien des Kopftheiles, nicht gleichsinnig auf die des Hinterendes wirkte; das Protoplasma der Protisten ließ sich durch Chinin nur gleichmäßig zum Absterben bringen, während wir dagegen bei den hoch organisirten Cephalopoden das Centralorgan, die peripheren Ganglien und die Muskeln gesondert erregen und lähmen konnten.

Insofern zeigt sich aber auch an den Muskeln bei verschiedenen Thieren ein Wechsel in der Selbständigkeit der Theile, als die Muskeln bei Aufhebung ihrer directen Impulse von benachbarten Organen aus in Action versetzt werden können. Mag man mit mir annehmen, daß in der Cephalopodenhaut durch Strychnin und Atropin peripher gelegene Ganglien, welche alle zu den Radiärfasern von der Nervenbahn aus hinzutretenden Reize durchsetzen müssen, gelähmt werden, oder vertritt man die An-

sicht, daß diese Alkaloïde nur eine Lähmung der Nerven resp. der Nervenendigungen bewirken, so muß doch zugegeben werden, daß, wenn bei vollständiger Strychnin- oder Atropinvergiftung nach einmaliger electrischer Reizung die Chromatophoren auch in einem größeren Umkreise von der Reizstelle aufblitzen, diese Erscheinung nicht durch Nerveneinfluß vermittelt, sondern in der Anordnung und dem Leitungsvermögen der Muskelfasern resp. der Bindesubstanz begründet sein muß.

Die Versuche von *Mettenheimer* [1]), *Eimer* [2]) und *Romanes* [3]) weisen auf ähnliche Verhältnisse auch bei den Medusen hin. Dem compensatorischen Eingriffe von Seiten der Nachbarschaft wird es hier wohl zuzuschreiben sein, wenn die Lähmung nach Injection kleinerer Mengen von Curare bei Quallen ausbleibt. So lange wie noch die Impulse von ganglionären Herden auf die Muskeln des Velums und der Subumbrelle durch einen intact gebliebenen Nervenendapparat übertragbar sind, werden die Contractionen am Schirme nicht erlöschen. Aber es scheint dann, als ob die noch functionsfähig gebliebenen Octanten energischer arbeiten, daß von ihnen stärkere Impulse auf die Muskeln und durch diese weiter auf die (bei Lähmung der motorischen Nervenendapparate durch Curare) von den normalen Nerveneinflüssen abgeschnittenen Muskelgruppen übertragen werden, daß, wenn beispielsweise die Nervenendigungen an sechs radialen Segmenten bei Cassiopeia, Aurelia oder Rhizostoma durch Curare gelähmt sind, die beiden unvergifteten Antimeren für die sechs außer Function gesetzten die Arbeit mitübernehmen müssen. Scheinbar verstärken sich deßhalb bei unvollkommener Curarevergiftung an-

---

[1]) *Mettenheimer*, *Müller*'s Archiv. 1862. S. 221 (Schnittversuche an Aurelia aurita).

[2]) *Eimer*, Ueber künstl. Theilbarkeit und über das Nervensystem der Medusen. Amtl. Ber. d. 50. Vers. Naturf. u. Aerzte. München. S. 182.

— , Die Medusen. Tübingen. 1878.

[3]) *Romanes*, Nature 1874. Nov., Philos. Transact. 1876 u. Proceed. 1875.

fangs die rhythmischen Contractionen, um erst dann nachzulassen, wenn die frühere Gleichmäßigkeit an allen Radien schwungradartig annähernd wiederhergestellt ist.

Ich sprach bislang von Ganglien, Nerven, Nervenendigungen, obgleich gerade bei den Medusen, an welchen ich experimentirte, von alledem meist ebensowenig etwas sicher bekannt geworden ist als bei den Actinien, von welchen ich mich nicht zu scheuen brauche, die Existenz von Ganglien, Nerven und motorischen Nervenendapparaten gleichfalls zu behaupten. Diesem Ausspruche klebt kaum etwas Hypothetisches an, für seine Richtigkeit lassen sich experimentelle Beweise so bindender Art beibringen, wie sie die anatomische Forschung in dieser Hinsicht vielleicht für keinen Cölenteraten zu liefern vermochte. Um Mißverständnissen vorzubeugen, seien aber, bevor ich diese Beweisführung anstrebe, die Begriffe „Ganglien", „Nerv" und „Muskel" derart bestimmter gefaßt, wie ich es vom vergleichend physiologischen Standpunkte aus für wünschenswerth erachte.

Der Nerv bildet die leitende Brücke von Centralapparaten (Ganglien) zu den Endorganen. Nerven und Muskeln unterscheiden sich dadurch von einander, daß 1) beide sich gegen chemische Agentien wegen ihres differenten Baues verschieden verhalten, daß 2) der Nerv nicht wie der Muskel contractil ist, und daß 3) der am Nerven auftretende Electrotonus am Muskel nicht nachgewiesen werden kann. Die beiden ersten Unterscheidungsmerkmale sind z. Z. allein einer vergleichend physiologischen Fassung fähig, und besonders das Erstere von beiden verlangt unsere eingehendere Berücksichtigung.

Völlig unbestimmt wird der Begriff „Nerv", wenn wir darunter mit *Huxley*[1]) einfach einen bestimmten Zug von lebender Substanz verstehen würden, „durch den die in irgend einem Theile

[1]) *Huxley*, Grundzüge der Anatomie der wirbellosen Thiere. Leipzig. 1878. S. 59.

des Organismus stattfindenden molecularen Veränderungen an einen anderen hingeleitet werden und auf diesen eine Wirkung ausüben". Stets muß für das Gebilde, welches als Nerv angesprochen wird, der Beweis für den Zusammenhang desselben einerseits mit nervösen Centren, andrerseits mit peripherischen Endapparaten beigebracht werden. Es muß gezeigt werden, daß die für Nerven gehaltenen Theile Reize von Centralorganen (Ganglien) zu peripheren Apparaten oder umgekehrt leiten. Dieser Forderung kann aber nur dann genügt werden, wenn man einerseits die Existenz des Centralapparates, andererseits die Existenz der Endapparate nachweist, und wenn es gelingt durch Ausschaltung des vermeintlichen Nerven den Einfluß des Centrums auf die Peripherie oder umgekehrt aufzuheben.

Außerdem muß aber das nervöse von dem musculären Gewebe auf irgend eine Art, sei es durch seine chemische Zusammensetzung oder durch sein Verhalten gegen chemische und physikalische Eingriffe, sei es durch seinen histologischen Bau unterscheidbar zu machen sein.

Ferner ist zu berücksichtigen, daß es sich bei der Nervenleitung nicht um einen Transport von Stoffen handelt, welche auf das Nachbargewebe reizend einwirken. Weder für die Reizerscheinungen an den windenden Ranken [1]) noch für die an Mimosa pudica [2]) und Drosera [3]) hat gezeigt werden können, daß die Fortleitung des sogenannten motorischen Impulses auf einer Wellenbewegung wie bei den Nerven und nicht auf Flüssigkeitsströmungen beruht.

Es ist nicht unmöglich, daß auch Nervenfasern und Gang-

---

[1]) *Sachs*, Lehrb. d. Botanik. 1874. S. 834. — *Darwin*, Die Bewegungen und Lebensweise der kletternden Pflanzen. 1876.

[2]) *Pfeffer*, Physiolog. Untersuchungen. Leipzig. 1873. — *Brücke*, Vorlesungen über Physiologie. 1874. Bd. I. S. 434.

[3]) *Darwin*, Insectenfressende Pflanzen. Stuttgart. 1876. S. 208 ff.

lienzellen ein gewisser Grad von Contractilität zukommt [1]), und deßhalb ist darauf, daß der Muskel contractil, der Nerv nicht contractil sein soll, von uns weniger zu geben.

Die Nervenfasern dienen lediglich der Fortleitung der Erregung. Sie sind zwar reizbar, aber niemals kann die Erregung in ihnen von selbst entstehen oder von ihnen aus sich auf eine andere Nervenfaser verbreiten. Wo ohne nachweisbaren äußeren Reiz Erregungen in nervösen Gebieten entstehen, wo Reize von sensibeln Nerven aus durch Muskelzuckung beantwortet, wo vorhandene Erregungen unterdrückt (gehemmt) oder wo durch Nerven zugeleitete Erregungen in bewußtes Empfinden umgesetzt werden, da muß man nach allen heutigen Erfahrungen auf die Existenz von Centralapparaten (Ganglien) recurriren. Wie weit dieses vergleichend physiologische Postulat mit einer bestimmten Configuration und histologischen Structur der als gangliös zu bezeichnenden Elemente zusammentrifft, steht vor der Hand noch dahin. Wenn es uns gelingt, die an Thieren wahrnehmbaren Bewegungen bei intact gebliebener Muskulatur nach Ausschaltung der Nervenleitung verschwinden zu machen, so sind wir zur Annahme eines Centralapparates, mag derselbe sonst noch so unvollkommen sein, berechtigt. Die große Selbständigkeit, welche viele abgetrennte Stücke auch von Wirbellosen (Tentakeln der Actinien, Randfäden der Medusen etc.) zeigen, hat man oft auf die Irritabilität der Muskeln selbst bezogen; doch Versuche haben mich gelehrt, daß die Muskelirritabilität in diesen Fällen wohl niemals so bedeutend ist [2]) als angenommen wurde. Die Tentakeln der Actinien, die Randfäden der Medusen bewegen sich nach Abtrennung vom curarisirten Thiere ebensowenig, wie der curarisirte Aalschwanz ohne Application stärkerer Reize zuckt.

---

[1]) Vergl. *Kühne,* Unters. über das Protoplasma und die Contractilität. Leipzig. 1864. S. 146 ff.

[2]) Vergl. S. 18.

Um den Muskel[1]) von dem gleichfalls contractilen Protoplasma, contractionsfähigen Bindegewebs- und Entodermzellen einigermaßen scharf abzugrenzen, genügt es nicht, die Innervation als Unterscheidungsmerkmal heranzuziehen. Auch die Corneakörperchen, die Pigmentzellen in der Pleuronectidenepidermis etc. stehen mit Nervenfasern in Verbindung, ohne daß sie dadurch zu Muskeln werden. Auch entspricht es nicht dem Thatbestande, wenn als specifischer Charakter für die Muskeln eine vorwiegend in einer Richtung (nicht gleichmäßig nach mehreren Richtungen hin) erfolgende Contractionsfähigkeit aufgestellt wird, da Niemand Anstoß nimmt, die platten cubischen Fasern des Herzfleisches den Muskeln einzureihen. Ich glaube, daß folgende beide Ueberlegungen uns eine annähernd richtige Vorstellung von dem geben werden, was wir Muskeln zu nennen haben.

Erstens sieht die Physiologie in den Muskeln motorische Endapparate und verlangt deßhalb einen Zusammenhang derselben mit Nerven. Zweitens sei darauf hingewiesen, daß die Muskeln nur durch die Constanz der Richtung, in der ihre Contractionen verlaufen, nicht durch die Richtung als solche von dem formveränderlichen Protoplasma unterscheidbar sind. Es ist zwar nicht unmöglich, daß auch durch diese Kriterien allen Anforderungen nicht völlig genügt wird, und daß sich in der That contractile Bindegewebszellen, formveränderliches und fixirtes Protoplasma überhaupt nicht schematisch unterscheiden lassen. Für unsere Betrachtung ist aber der Begriff „Muskel" durch die eruirten beiden Charakteristika hinreichend fixirt, und es

[1]) Die Neuromuskelzellenfrage hat in jüngster Zeit eine ausführliche Kritik von *Claus* (Studien über Polypen und Quallen der Adria. I. Acalephen. Bericht der k. k. Academie der Wissenschaften zu Wien. 1877. S. 27), *O.* und *R. Hertwig*, (Das Nervensystem und die Sinnesorgane der Medusen. Leipzig. 1878) erfahren, so daß ihrer hier nicht weiter gedacht zu werden braucht.

wird durch diese Auseinandersetzung die Interpretation unserer Versuchsergebnisse [1]) wesentlich erleichtert.

Daß die contractilen Gebilde, welche die rhythmischen Bewegungen am Schirme der Medusen bewirken, sich nicht bald in dieser, bald in jener Richtung zusammenziehen, sondern daß ihre Contractionen in ebenso fixirten Bahnen wie die der Muskeln von Würmern und Wirbelthieren verlaufen, hat wohl Niemand bezweifelt. Die Beobachtungen am lebenden Thiere, Reizversuche an abgetrennten Theilen geben dieser Auffassung eine gesicherte Stütze. Auch noch in anderer Beziehung bieten die Muskelfasern der Medusen — und ebenso verhalten sich die der Actinien [2]) — Uebereinstimmungen dar mit denen bei Thieren

---

[1]) Bei Keinem meiner Versuche wurden die in zweckentsprechender Weise angestellten Controlversuche, welche natürlich durchaus erforderlich sind, unterlassen; bei Keinem unterblieb seine mehrmalige Wiederholung! So dienten mir z. B. bei den einfachen Vergiftungen Thiere, welche in gleich große Quantitäten Meerwassers (von derselben Beschaffenheit wie das vergiftete) gesetzt waren, zum Vergleich. Die Combinationsvergiftungen wurden immer an sechs Exemplaren von möglichst gleicher Größe und gleich großer Lebensenergie gleichzeitig ausgeführt und zwar so, daß alle sechs die gleiche Zeit hindurch in der ersten Giftlösung verweilten, und daß von ihnen drei als Vergleichsobjecte nicht weiter vergiftet, sondern in reines Meerwasser gebracht wurden, welches ebenfalls von derselben Frische wie dasjenige war, welches nach seiner Vergiftung die übrigen drei Exemplare aus der ersten Giftlösung aufnahm.

Die Versuche, welche sich in der großen Reihe meiner Einzelbeobachtungen als die typischsten herausgestellt haben, werde ich im Folgenden mittheilen. Mancher nothwendige Versuch, dessen Ergebniß uns sicherlich noch weiter zu gehen erlauben würde, mußte, da plötzlich bei eintretendem Witterungswechsel die Turris für mich nicht mehr zu beschaffen war, vorläufig unterlassen werden; doch werden vielleicht schon die zu besprechenden Resultate das Interesse für derartige Untersuchungen zu steigern und den aus diesen zu erhoffenden Fortschritt zu fördern geeignet sein.

[2]) *Heider*, *A. v.* Sagartia troglodytes etc. Sitzungsb. d. Wien. Academie. 1877. Bd. LXXV. Heft IV. S. 383.

höher organisirter Typen. So hat *Brücke*[1]) bei Aurelia aurita gefunden und *Claus*[2]) konnte dessen Angaben sowohl für Aurelia als für alle anderen näher untersuchten Scheibenquallen (Chrysaora, Discomedusa), sowie für zahlreiche Hydroidquallen durchaus bestätigen, daß die Ringmuskeln der breiten Randzone an der ovalen Schirmfläche aus Bändern quergestreifter Substanz bestehen. Ich kann dem hinzufügen, daß auch diese Muskeln durch die Stoffe der Alkoholgruppe (5-procentiges Alkohol-, Aether- und Chloroformwasser) in derselben Weise im mäßigen Contractionszustande gelähmt werden, wie die Radiärfasern der Eledone oder wie die Muskulatur von Hirudo.

Eine Turr iswird 12 h. in 5 p. Ct. **Aethylalkohol** enthaltendes frisch geschöpftes Meerwasser gebracht. 12 h. 7 min. hat sich an ihr bereits ein schwacher Contractionszustand ausgebildet, die Pulsationen des Schirmes sind nicht mehr so ausgiebig wie normal. 12 h. 40 min. erlöschen die selbständigen Bewegungen, die Reizbarkeit der contractilen Elemente nimmt mehr und mehr ab, und 1 h. 5 min. ist die Turris völlig unerregbar geworden. Sie wird sogleich in reines Meerwasser gesetzt. Schon 2 h. 31 min. beginnen die selbständigen Bewegungen an den Randtentakeln, die Reizbarkeit der contractilen Fasern wächst allmählich zur normalen wieder an, und um 3 h. 15 min. ist die Turris vollkommen hergestellt. Ebenso gestaltet sich das Bild bei Anwendung ätherisirten oder chloroformirten Meerwassers; nur gelingt in diesen Fällen die Wiederherstellung des Thieres nicht so sicher.

Was nachzuweisen bleibt, ist der Zusammenhang der vermeintlichen Muskeln mit Nervenfasern. Es wird sich zeigen las-

---

[1]) *Brücke*, Sitzungsberichte der Wiener Academie. Band XLVIII. Nr. 15, S. 26, Nr. 17, Taf. V, Fig. 1, 2, 3 u. 4; Nr. 19, S. 44.

[2]) *Claus*, a. a. O. S. 27.

sen, daß das Curare auf Actinien und Medusen vermuthlich in derselben Weise wirkt wie auf die Wirbelthiere und Würmer, daß es jedenfalls bei jenen Theile lähmt, welche als integrirende Stücke zwischen den Muskeln und dem nervösen Centralapparate eingeschaltet sind. Da bis jetzt keine Fälle bekannt sind, daß Nervenfasern in ihrer ganzen Länge durch Gifte gelähmt werden, während andere Organe von der Vergiftung ausgeschlossen bleiben, weil z. Z. nur Wirkungen auf nackte Axencylinder (beim Eintritt der Nerven in die peripherischen Endapparate) und auf motorische Nervenendigungen nachgewiesen sind resp. angenommen werden, so hat man ein gewisses Recht, zumal an den mir zur Untersuchung gelangten Cölenteraten ganz analoge Vergiftungssymptome wie am curarisirten Frosch auftreten, dem Curare ein Lähmungsvermögen der peripheren Nervenendapparate auch bei den Actinien und Medusen zuzuschreiben. Wichtiger als die Beantwortung der Frage, ob die Nerven in toto oder nur Theile derselben durch das Curare in den Lähmungszustand versetzt werden, ist aber für uns, daß wir im Curare ein Mittel besitzen, um die spontanen oder, wenn man will, automatischen Bewegungen bei Quallen und Seerosen zu inhibiren ohne gleichzeitig die Reizbarkeit der Muskeln aufzuheben.

Wir haben im Nicotin und Atropin Gifte kennen gelernt, welche den nervösen Centralapparat der Turris in einen Reizzustand versetzen.

4 h. kommt eine Turris in **atropinisirtes** Meerwasser (1 Atrop. sulf.: 1000). Anfangs werden mehrere durchaus normale Contractionen ausgelöst, aber mehr und mehr macht sich an ihr das Bestreben geltend, im contrahirten Zustande zu verweilen. An den Randtentakeln wird diese Veränderung zuerst deutlich. Während diese normal als zarte, lange Fäden im Wasser flottiren, sind sie jetzt ganz zusammengeschrumpft. 4 h. 20 min. haben die Ring- und Längsmuskeln der Glocke

sich auf's Aeußerste zusammengezogen, und die überwiegende Entwicklung der circulär angeordneten Muskelstreifen wird die Veranlassung der drei Einschnürungen sein, welche bei verschiedenen Individuen mehr oder weniger deutlich stets bei der atropinisirten Turris hervortreten. Auf mechanische Reize werden noch Contractionen ausgeführt, welche aber nie so ausgiebig wie normal sind, da das Thier immer dem Contractionszustande zustrebt, und der Ausschlag der auf mechanische Reize erfolgenden Pulsationen deßhalb sehr gering ist.

Die Muskulatur der 12 h. in **nicotinisirtes** Meerwasser (1: 1000) gesetzten Turris ist 12 h. 30 min. gleichfalls stark zusammengezogen. Um 1 h. dehnt sich die Turris auf Reize noch aus, doch nachdem der Reiz aufgehört, kehrt sie augenblicklich in den Zustand vollkommener oder halber Contraction zurück. Die Randtentakeln sind wie am atropinisirten Thiere eingezogen. Bei der Nicotin- wie Atropinvergiftung erfolgt der Tod aber meist im Erschlaffungszustande; die Reizbarkeit der Muskeln ist zu dieser Zeit noch nicht erloschen, und (falls die Erschlaffung in diesem Stadium nicht schon von selbst eingetreten ist) die Einschnürungen an der Glocke, welche, solange das Thier lebte, krampfartig sich erhielten, sind dann leicht zum Verstreichen zu bringen. Sobald der durch Nicotin oder Atropin geschaffene Contractionszustand 5 Minuten und länger angedauert hatte, gelang eine Wiederbelebung der vergifteten Turris mir nicht mehr.

Ich theilte mit, daß die Turris sich in einer Atropin- und Nicotinlösung energisch zusammenzieht, und daß dieser Contractionszustand — vorausgesetzt, daß die Turris in der Giftlösung bleibt oder nach ausgebildeten Vergiftungssymptomen in reines Meerwasser übergebracht wird, — sich stundenlang erhält. Setzen wir aber von vier Exemplaren, welche durch einen längern Aufenthalt in einer Atropinlösung zur Contraction gebracht sind,

zwei Turris in frisches Meerwasser, zwei in eine 1/2-procentige Curarelösung, so sehen wir regelmäßig den Erschlaffungszustand in der Curarelösung ungleich viel früher als in dem frischen Meerwasser eintreten, und wir schließen daraus, daß

1) die Atropin- und Nicotinwirkung eine centrale ist, d. h. in Ganglien ihren Sitz hat und daß
2) das Curare, weil es den durch die nervösen Impulse vom Centrum aus unterhaltenen Contractionszustand der Muskeln aufhebt, Theile der Nervenfasern lähmt.

Ferner erlischt an völlig curarisirten Zoophyten (sowohl bei Turris als auch bei Sagartia und Anthea) der durch Curare hervorgebrachte Erschlaffungszustand der Muskeln — am normalen Thiere das erste und als solches in hinreichend stark vergifteter Lösung momentan erfolgende Anzeichen der Nicotin- und Atropinwirkung — bei nachfolgender Nicotin- oder Atropinvergiftung erst spät und mehr allmählich, wenn der Tod und das Absterben der Muskeln eintritt.

Ist hiermit dargelegt, daß wir wie bei Hirudo und beim Frosch so auch bei Turris, Sagartia troglodytes und Anthea cereus Theile der Nerven lähmen, die Leitung vom nervösen Centralapparate zu den Muskeln unterbrechen können, dann ist es ein Leichtes für uns zu zeigen, welche Substanzen auf central und welche auf peripher gelegene Theile wirken. Ist die Wirkung eine rein centrale, so müssen die auffälligen Vergiftungssymptome, welche sich in den Muskelcontractionen des Thieres zu erkennen geben, am curarisirten nicht zur Wahrnehmung gelangen, äußert sich hingegen die Giftwirkung an den Muskeln, so wird sie an der curarisirten Turris ebenso charakteristisch auftreten als an der uncurarisirten. Zur Controle können wir uns für den letzten Fall natürlich noch der directen Reizung der Muskeln bedienen.

Bevor wir auf diesem Wege, durch combinirte Vergiftungen

also, den einzelnen Giftwirkungen und dadurch auch den bislang unaufgeklärt gebliebenen Organisations- und Functionsverhältnissen näher treten wollen, sei kurz der Symptome der Curarevergiftung selbst gedacht.

Das **Curare** (1 Liter 0,5 p. Ct. Curare enthaltendes frisch geschöpftes Meerwasser diente zu den zu referirenden Versuchen) bewirkt an Turris einen Expansionszustand der Muskeln, der ähnlich wie der Eintritt vollständiger Lähmung individuell etwas verschieden stark ausfällt. Die Tentakeln hängen wie die Glocke schlaff herab, sonstige Anormalitäten sind an der curarisirten Turris nicht zu notiren, sie macht den Eindruck einer bewegungslosen normalen. Die Muskeln selbst sind vollkommen reizbar geblieben, ein electrischer Reiz löst an ihnen eine einmalige Contraction aus.

Eine exclusiv nervös centrale Wirkung besitzen außer dem Nicotin und Atropin nur wenige Gifte. Den meisten von mir untersuchten Stoffen kommt eine mehr allgemeine Wirkung an Turris zu, d. h. sie lassen, obgleich sie vorwiegend ganglionäre Apparate beeinflussen, auch die Muskeln nicht völlig intact. Um über ihre Wirkung schlüssig zu werden, mußte ich die Combination der Vergiftungen in zahlreicher Weise variiren. So fand ich, daß bei einigen die Wirkung auf nervöse Centralorgane, bei anderen die auf die Muskeln überwiegt, d. h. einige Substanzen rufen mehr Symptome (letaler Ausgang, Fortfall der Muskelcontractionen an curarisirten Thieren, Reizbarbleiben der Muskeln) hervor, welche auf eine Veränderung der ganglionären Apparate bezogen werden müssen, während andere mehr zu Erscheinungen (Abnahme der Muskelirritabilität, ein allmählicher Eintritt der Muskelcontraction beim curarisirten Thiere, Restitutionsfähigkeit) führen, deren Ursache ganz oder wenigstens theilweise in den Muskeln selbst zu suchen ist.

Wir können uns diese Verhältnisse veranschaulichen, wenn

wir uns die Wirkung der einzelnen Stoffe auf die Katheten eines stumpfwinkeligen Dreiecks derart reihenweise verzeichnen, daß an dem einen spitzen Winkel des Dreiecks die Substanzen von exclusiv centraler Wirkung, an dem anderen die exquisiten Muskelgifte gestellt werden, sodaß auf der Schneide (am stumpfen Winkel des gleichschenkeligen Dreiecks) die Stoffe stehen würden, denen eine ganz allgemeine — eine ganglionäre wie muskuläre — Wirkung zukommt. Es braucht wohl kaum bemerkt zu werden, daß dieses Schema 1) nur der Ausdruck für meine Versuchsergebnisse an T u r r i s d i g i t a l i s ist, und daß 2) die Anordnung der Substanzen in dem Schema nur eine ganz ungefähre Vorstellung von ihrem Verhalten geben kann.

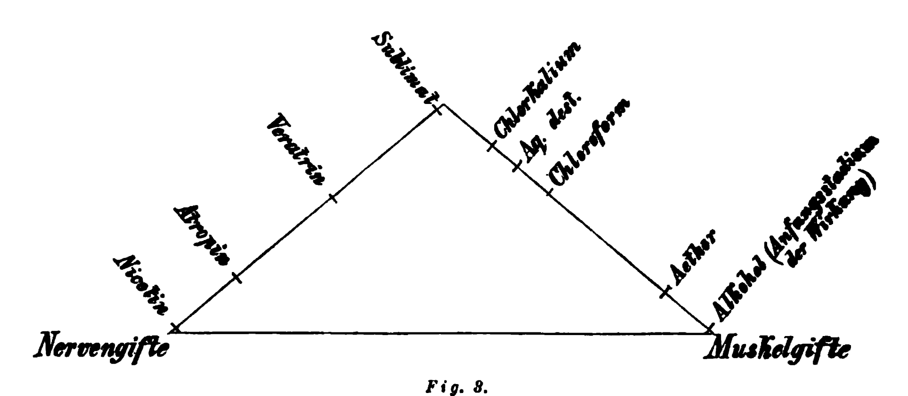


Fig. 8.

Die von *Cl. Bernard* und *Grandeau*[1]) ganz zufällig gemachte höchst wichtige Entdeckung, daß die **Kaliumsalze** sich in ihrer Wirkung so abweichend von den Natriumsalzen verhalten, rief eine ansehnliche Literatur über diesen Gegenstand hervor. Aus den späteren Untersuchungen vorwiegend deutscher Forscher ergibt sich, daß das Kalium eine Lähmung der willkürlichen Muskeln bewirkt, daß aber auch gewisse Nervencentren

[1]) *Bernard* und *Grandeau*, Journ. de l'anat. et de la physiol. Vol. I. 1864. p. 378.

durch die Kalisalze gelähmt werden. Nur deßhalb wohl, weil die Kaliumsalze von den Zellen der Darmmucosa meist schwer aufgenommen, aus der Blutbahn — falls sie nicht von zelligen Elementen retinirt werden — aber leicht in die Secrete übergehen können, ist der Organismus unter gewöhnlichen Verhältnissen gleichsam vor einem nachtheiligen Ueberfluß seiner Säfte an Kali geschützt. *Buchheim*[1]) hat die Kaliwirkung an Muskel und Nervensystem mit dem normalen Kaligehalt dieser Organe in Beziehung zu setzen versucht, und da durch die von mir beobachtete leichte Schmelzbarkeit der Medusenasche allein schon ein reicher Kaligehalt dieser Thiere in Aussicht gestellt war, so schien es mir von besonderem Werthe zu sein, die Aufklärung der Verschiedenheit der Kali- und Natronwirkung vom vergleichend physiologischen Standpunkte aus gerade bei diesen Zoophyten in Angriff zu nehmen[2]).

Bei der in eine $3^1/_2$-procentige reine Chlorkaliumlösung[3]) gesetzten Turris digitalis ist die Muskellähmung im erschlafften Zustande häufig schon nach 3—10 (sicher in 30) Minuten complet. Wird die Turris nach einem 40 Minuten langen Aufenthalte in der $3^1/_2$-procentigen Chlorkaliumlösung in frisches Meerwasser übergebracht, so erholt sie sich ebenso vollständig wieder wie die längere Zeit durch Alkohol gelähmte; in einer Veratrinlösung (1:1000) contrahirt sie sich äußerst langsam, in einer Nicotin- oder Atropinsulfatlösung (1:500) anfangs gar nicht. Eine Turris, welche durch einen 30 Minuten langen Aufenthalt in einer $3^1/_2$-procentigen reinen Chlorkaliumlösung unreizbar geworden

---

[1]) *Buchheim*, Arch. f. exp. Path. und Pharmakol. Bd. III. S. 252.

[2]) Da sich anderen Ortes Gelegenheit bieten wird, auf den chemischen Bau der Zoophyten specieller einzugehen, sei hier nur der toxicologischen Befunde gedacht.

[3]) Vergl. das über den Salzgehalt des Adriatischen Meeres auf S. 123 Gesagte.

war, und 1 h. 52 min. in Meerwasser gesetzt wurde, von welchem 10,000 Theile einen Theil Quecksilberchlorid (Sublimat) enthielten, hatte sich bereits 1 h. 58 min. bedeutend contrahirt. Diese Contractionszunahme in der Sublimatlösung, welche sich ganz allmählich ausbildete, endete 2 h. 21 min. mit dem Zustande äußerster Zusammenziehung. Andere 2 h. 21 min. durch Chlorkalium in gleicher Weise gelähmte Turris wurden in destillirtes Wasser gebracht, worin die unvergiftet gebliebenen Thiere sich augenblicklich zusammenschnürten. 2 h. 45 min. hatten sich bei den durch Chlorkalium vergifteten Turris nur zwei circumscripte Contractionswülste an der Glocke ausgebildet; im Uebrigen befanden sich die Thiere noch im expandirten Zustande.

Der durch Chlorkalium hervorgerufene Erschlaffungszustand ist oft so bedeutend, daß der untere Glockenrand theilweise nach außen hin umgeschlagen wird, und daß diese abnorme Lage sich selbst stundenlang erhält. Besonders schön tritt diese Erscheinung auf, wenn man die Concentration des Meerwassers, in welchem sich die Turris aufhält, um 0,5 % an Chlorkalium steigert. Die Vergiftungssymptome bilden sich in diesem Falle zwar erst nach mehreren Stunden deutlich aus, aber wie die nebenhergehenden Controlversuche bei künstlich erhöhtem Kochsalzgehalte des Meerwassers unzweifelhaft mir ergaben, müssen die Erfolge trotzdem dem Kali zugeschrieben werden.

Aus allen diesen Combinationsversuchen ergibt sich übereinstimmend, daß die Kalisalze bei Turris ähnlich wie die Substanzen der Alkoholgruppe vorwiegend die Muskeln alteriren. Die durch unsere Versuche mit anderen Giften gesammelten und im Folgenden niedergelegten Erfahrungen werden unseren Schluß sowohl verständlicher erscheinen lassen wie auch noch weiter begründen helfen.

Schon auffälliger als die Wirkung des Chlorkaliums ist die des destillirten Wassers auf das Nervensystem der Turris. Wird

diese Meduse in **Aqua destillata** gesetzt, so geht sie meist nach wenigen energischen Pulsationen in den Contractionszustand über, der sich aber in dem normalen Medium — vorausgesetzt, daß sie nicht zu lange in der salzfreien Flüssigkeit verweilte, — leicht rückgängig machen läßt und sehr gut überstanden wird. In einer 1-procentigen Coffeïnlösung, wodurch eine Lähmung der Nervencentra bewirkt zu werden scheint, erlischt der durch das destillirte Wasser hervorgerufene Muskeltonus regelmäßig viel rascher (in 2—3 Minuten) als in reinem Meerwasser; ich bin deßhalb der Ansicht, daß die Salzarmuth auch Veränderungen an dem nervösen Centralorgane zur Folge hat und nicht nur auf peripherische Nervenendigungen wirkt. Am vorher coffeïnisirten oder curarisirten Thiere bildet sich die Contractionserscheinung sehr langsam aus. So hatte sich z. B. die Glocke einer durch zweistündigen Aufenthalt in einer 1-procentigen Coffeïnlösung zur Erschlaffung gebrachten Turris im destillirten Wasser nach 31 Minuten noch nicht contrahirt — was an normalen Thieren niemals vorkommt —, nur an den Tentakeln waren innerhalb dieser Zeit abnorme Einrollungen wahrzunehmen.

In **Veratrin**wasser (1:2000) starb die Turris — und ebenso verhielt sich Aequorea Forskalea — bisweilen ohne vorhergegangene auffällige Anzeichen einer Vergiftung im halb contrahirten Zustande innerhalb weniger Minuten. Die Tentakeln waren dann völlig eingezogen und nahmen wie der Wandbelag der Radiärcanäle nach einer Stunde ein milchiges Aussehen an. Auch die rothen Genitalschläuche waren schon zu dieser Zeit milchig getrübt.

Die letale Wirkung des Veratrins scheint mir hauptsächlich eine central-nervöse zu sein. Ich stütze meine Ansicht auf die Resultate folgender Combinationsvergiftungen.

Die durch Coffeïn vollkommen bewegungslos gemachte Turris, deren Muskeln sich auf einen einmaligen Reiz einmal zu-

sammenziehen, ging oft in einer 0,1-procentigen Veratrinlösung bei völlig erschlaffter Muskulatur zu Grunde, und der durch Veratrin erzeugte Muskeltonus verlor sich andererseits etwas, wenn die veratrinisirte Turris in eine Coffeïnlösung gesetzt wurde. Ganz ebenso verhält sich die curarisirte Turris gegen Veratrin resp. die veratrinisirte Turris bei nachträglicher Curarevergiftung.

An der unvergifteten Turris bildet sich in stärkeren Veratrinlösungen (1:1000) schon nach einigen Secunden ein andauernder Muskelkrampf aus, während in einer Veratrinlösung von 1:10,000 die normalen Pulsationen gewöhnlich mehrere Minuten lang fortbestehen bleiben, und ein Veratrinzusatz von 1 auf 100,000 Theile frischen Meerwassers ruft innerhalb 30 Stunden an dieser Meduse keine bemerkbare Wirkung mehr hervor.

Da mir in Triest kein Glycocollquecksilber zur Verfügung stand, blieb ich, um über die Quecksilberwirkung an Wirbellosen einigen Aufschluß zu erhalten, auf den **Sublimat** angewiesen. Aus den Ergebnissen der wenigen Versuche, auf welche ich bereits im Früheren recurriren mußte, ergibt sich schon, daß auch dem Sublimate eine mehr allgemeine Wirkung auf Turris zukommt.

In einer Sublimatlösung von 1:10,000 bildet sich an Turris nach einigen Minuten ein Muskelkrampf aus, und nach etwa 20 Minuten erliegt sie stark zusammengeschnürt der Vergiftung. An der vorher curarisirten Meduse entwickelt sich der Contractionszustand sehr langsam, und es tritt dabei nicht selten eine merkwürdige Formveränderung auf, indem die Glockenform des Thieres sich verdünnt, länger wird und so in eine Schlauchform übergeht. In den Tentakeln und dem Wandbelag der Radiärcanäle entstehen durch die Einwirkung des Sublimats sehr bald Gerinnungen, wodurch die Theile eine milchige Farbe annehmen.

Die Lähmung der Muskeln durch Sublimat erfolgt an cura-

risirten Medusen im Expansionszustande; daraus geht hervor, daß die bei uncurarisirten Turris durch Sublimat veranlaßte energische Muskelcontraction auf eine Reizung nervöser Apparate bezogen werden muß.

Man glaubt an Cyanea capillata nach Zusatz einer schwachen Lösung von **Strychnin** in Seewasser zu dem Wasser, in welchem die Thiere sich befanden, tonische und klonische Krämpfe in verschiedenster Stärke beobachtet zu haben. Demnach wäre Cyanea capillata ein herrliches Demonstrationsobject für die Pathologen, um die verschiedensten Krampfformen an Einem Thiere nach Einem experimentellen Eingriff successive entstehen zu lassen. Aber von Allem, was als Solches angesprochen wurde, von den unzweifelhaften Anzeichen einer Unregelmäßigkeit in den Bewegungen ist nicht einmal bewiesen, daß es sich dabei um Krämpfe handelt, d. h. um Muskelzusammenziehungen, welche über die gesetzmäßige Proportionalität, die in der Norm zwischen Reiz und Action besteht, nach irgend welcher Richtung hinausgehen. Wie ich schon früher[1]) erörtert habe, erkläre ich mir diese Abweichungen von den normalen Pulsationen, welche nach Anwendung jedes die Muskeln, die peripheren Nervenendapparate, oder die Nervencentren lähmenden Giftes je nach der Empfindlichkeit des Individuums bald mehr, bald weniger deutlich bei den Medusen auftreten, in ganz anderer Weise. Zumal man bei einer Strychninvergiftung weder an Würmern noch an Arthropoden etwas Tetanisches, etwas Convulsives beobachtet hat, so ist Vorsicht in der Deutung der Befunde hier doppelt geboten. An einigen Mollusken zwar scheint sich bei der Strychninvergiftung etwas dem Tetanus der Vertebraten Vergleichbares auszubilden; aber soviel die Combinationsvergiftungen, welche allein auf diesem der Forschung ganz außerordentlich schwer zugängigen Felde Aufklärung zu geben ver-

[1]) Vergl. S. 131.

sprechen, wenigstens an Turris lehren, lähmt das Strychnin bei Medusen, ebenso wie es bei Hirudo und Astacus der Fall zu sein scheint, Nervencentren — vielleicht motorischer Art. Das Vergiftungsbild an Turris ist folgendes:

12 h. wird eine Turris in eine Strychninnitratlösung (1:500) gesetzt. Um 1 h. ist sie völlig schlaff; auf Reize zieht sie sich zusammen, doch sogleich kehrt sie, wenn der Reiz aufhört, in den erschlafften Zustand zurück. Noch um 3 h. 16 min. folgt auf einen einmaligen Reiz eine einmalige Contraction; selbständige Bewegungen führt die Meduse von dieser Zeit an nicht mehr aus. Auch die Tentakeln hängen schlaff hernieder. Um 4 h. 30 min. hat die Reizbarkeit der Muskeln erheblich abgenommen, als dann aber das Thier in frisch geschöpftes Meerwasser übergebracht wurde, erholte es sich innerhalb 12 Stunden vollständig.

Da die Muskeln der strychnisirten Turris erst spät etwas von ihrer normalen Reizbarkeit einbüßen, da der Veratrinkrampf nach der Strychninvergiftung ausbleibt, da sich die Meduse von der Strychninwirkung leicht erholt, so schließe ich, daß das Strychnin an Turris eine Lähmung der Nervencentren bewirkt, und weil ferner das Vergiftungsbild bis zum letalen Ausgange nie einen tetanischen oder convulsiven Charakter annimmt, weil erst nach verhältnißmäßig großen Strychnindosen (1:500—1000) die Vergiftungserscheinungen an Turris nach geraumer Zeit deutlich werden, so bin ich weiterhin der Ansicht, daß derjenige Theil des Reflexmechanismus, auf welchen das Strychnin bei den meisten Wirbelthieren in so auffälliger Weise wirkt, bei Turris ebensowenig wie bei Hirudo und Astacus hinreichend entwickelt ist.

Die **Coffeïnwirkung** (von mir geprüft in einer 0,2—1-procentigen Lösung) an Turris gleicht in allen Stücken der des Strychnins. Was auf das eine Vergiftungsbild Bezug hat, gilt auch für das andere. Die Erschlaffung ist am coffeïnisirten Thiere meist aber noch bedeutender als am strychnisirten. Kein spira-

liger Einschlag ist an irgend einem Tentakelstücke der coffeïnisirten Meduse wahrzunehmen; als lange, schlaffe Fäden senken sich die Tentakeln vom Glockenrande in's Wasser hinab. Auch an der coffeïnisirten Turris tritt eine Veränderung der Muskeln — sich in einer Abnahme ihrer Reizbarkeit bekundend — erst spät auf. So ist die Reizbarkeit nach einem 18-stündigen Aufenthalte in einem Coffeïnwasser von 1:500 an der Turris noch nicht erloschen, in einer 1-procentigen Lösung hingegen hat sie nach 1—2 Stunden schon merklich abgenommen. Die Wiederbelebung und völlige Restitution gelingt an der coffeïnisirten Turris nicht weniger leicht als an der mit Strychnin vergifteten.

Der Mittheilung von nur wenigen meiner Versuchsergebnisse wird es bedürfen, um meinen Ausspruch zu bekräftigen, daß sich Turris dem **Chinin** gegenüber viel resistenter verhält als Polycelis und fast alle Protozoën.

In einer salzsauren Chininlösung von 1:2000, deren Wirkung durch Salicin- und Salicylsäurelösungen gleichen Concentrationsgrades controlirt wurde, lebte die Turris noch nach 20 Stunden. Die Zahl der rhythmischen Contractionen war sichtlich vermindert; es bestand an ihr eine Tendenz, im erschlafften Zustande möglichst lange zu verweilen. Die Tentakeln waren streckenweise zusammengefaltet. Als die Turris aber nach einem 20-stündigen Aufenthalte in der Chininlösung (1:2000) in eine solche von 1:500 übergebracht wurde, ging sie nach etwa 6 Stunden zu Grunde; die Geschlechtsorgane waren erweicht, weniger die Tentakeln, welche durch Veratrin so leicht verändert werden. In einer Chininlösung von 1:1000 behielt das Thier noch mehrere Stunden seine Reizbarkeit, und selbst in einer Lösung von 1:500 war dieselbe nach 6 Stunden noch nicht erloschen. Von den Folgen eines mehrstündigen Aufenthaltes in einer Chininlösung von 1:1000 oder von 1:500, welche sich nur in einer Abnahme der Pulsationen bemerkbar machen, erholt sich die Turris aber

sehr selten, so daß auch das Chinin auf sie eine centrale Wirkung auszuüben scheint.

Eingehendere Versuche sind über die Chininwirkung von mir nicht angestellt, weil erstens der Localisation derselben schwer beizukommen ist, und ferner mir vorwiegend nur daran gelegen war, zu erforschen, ob das Chinin auf Medusen ebenso energisch wirkt, als auf die Protoplasmen, was ich nach meinen Erfahrungen entschieden verneinen muß.

Meine Versuche über die Muscarin-, Physostigmin- und Pikrotoxinwirkung an Turris lassen sich z. Z. nicht genügend interpretiren. Ueberhaupt wirken alle untersuchten Alkaloïde mit Ausnahme des Veratrin und Nicotin auf Turris viel schwächer als die sog. adstringirenden (Tannin) und corrodirenden (Sublimat-) Stoffe, von denen ganz außerordentlich verdünnte Lösungen auffällige Veränderungen und in kurzer Zeit den Tod veranlassen. Vermag uns außerdem noch der Handel die Alkaloïde nicht in reiner Form zu liefern (Muscarin, Digitalin), oder erleiden diese Stoffe leicht im Meerwasser während des Versuches eine Zersetzung (Physostigmin), so werden dadurch die Erfolge noch unsicherer, als sie theilweise an sich schon sind.

Nur kurz erwähnt sei deshalb, daß in einer etwa 0,2-procentigen salpetersauren **Muscarin-** (nach *Merck*'s Angabe aus Fliegenschwämmen und nicht synthetisch dargestellt) Lösung an Turris erst nach 24 Stunden eine Reizabnahme der Muskeln und am dritten Tage der Tod im Erschlaffungszustande eintrat.

In einer **Pikrotoxin**lösung (1:500) bildete sich — abweichend von den Medusen, welche sich im unvergifteten Meerwasser befanden — erst vom zweiten Tage an allmählich eine Erschlaffung der Muskulatur aus, welche am dritten Tage einer Tendenz im Contractionszustande zu verweilen Platz machte.

An den in eine schwefelsaure **Physostigmin**lösung von 1:1000 gesetzten Turris verlangsamten sich nach circa 20 Minuten die

rhythmischen Contractionen, und die dadurch hervorgerufene Abnahme der Frequenz in den Athembewegungen erhielt sich mehrere Stunden lang, was ich bei der Wirkung eines anderen Giftes nie beobachtete. Trotzdem starben aber die Turris in der Physostigminlösung erst am dritten Tage im Zustande mäßiger Zusammenziehung.

Beistehendes Schema möge dazu dienen, unsere an Turris digitalis gesammelten Erfahrungen kurz zusammenzufassen:

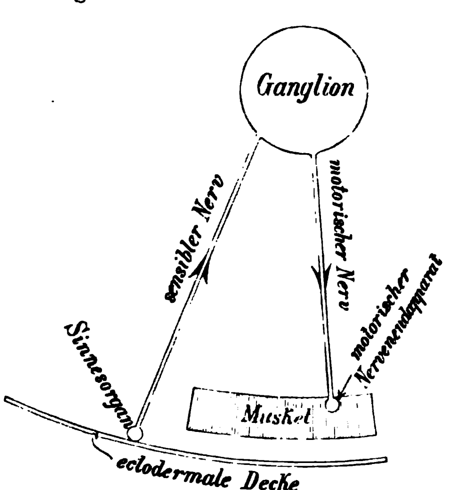


Fig. 4. Schema für die Innervationsverhältnisse bei Turris digitalis.

Vergleicht man dieses Schema als den Ausdruck des thatsächlich Beobachteten mit dem auf S. 32 für den Mechanismus des Chromatophorenspieles bei Eledone moschata von mir aufgestellten Schema, so wird man finden, daß ersteres sich viel einfacher als letzteres gestaltet. Damit ist keineswegs gesagt, daß die Verhältnisse bei Turris in der That einfacher als die bei Eledone sind, daß dort functionell verschiedene Ganglien nicht existiren, daß die ganze Muskulatur nach ein und demselben Schema innervirt wird. Unsere Beobachtungen gestatten aber noch nicht, den Ganglienknoten in mehrere functionell verschiedene Apparate zu zerlegen; wir können z. Z. bei Turris keine willkürliche von unwillkürlichen, keine motorische von sensibeln Centren und dergleichen mehr unterscheiden; bis zur Stunde sind alle derartigen Annahmen lediglich Vermuthungen. Nur Ganglien als solche müssen für Turris gefordert werden, ohne

diese sind unsere toxicologischen Befunde unerklärbar. Dasselbe gilt von den motorischen Nervenendapparaten und den Muskeln.

Wie wir sahen, lassen sich:

A. die Ganglien:
   1) lähmen durch Coffeïn und Strychnin;
   2) reizen durch Veratrin, Nicotin und Atropin.

B. die sensibeln Nervenendigungen reizen besonders durch Veratrin.

C. die motorischen Nervenendigungen lähmen durch Curare.

D. die Muskeln lähmen durch die Stoffe der Alkoholgruppe, durch Chlorkalium, destillirtes Wasser und durch andere Substanzen, denen meist eine allgemeinere Wirkung zukommt.

Die auffälligen Contractionsunterschiede an der Glocke, die Veränderungen an den Randtentakeln machen Turris zu toxicologischen Untersuchungen vorzugsweise geeignet. Auf die rhythmischen Contractionen des Schirmes der Scheibenquallen, welche nach *Romanes* Angabe besonders regelmäßig bei Cyanea capillata auftreten — und welche Species sich deßhalb zum Studium der Strychninwirkung an Quallen sehr eignen soll, — kann beim gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse keine toxicologische Beobachtung fußen; denn diese Pulsationen sind viel zu sehr individuellen Schwankungen unterworfen, welche die durch das Gift gesetzten Veränderungen nur verdecken, nicht erklären helfen; sie sind viel zu complicirter Natur, als daß die toxicologischen Untersuchungen mit ihnen beginnen, auf sie als Indicatoren sich verlassen könnten.

Ein nicht weniger günstiges Object als Turris bietet unter den Actinien Sagartia troglodytes. Die ausgiebigere Entwicklung der Längsmuskeln macht diese Art zu toxicologischen Versuchen geeigneter als Anthea Cereus oder Actinia mesembryanthemum, ihre geringere Empfindlichkeit gegen äußere

Eingriffe, ihre größere Lebensenergie geben ihr den Vorzug vor Sagartia parasitica und Cerianthus.

Ich habe Sagartia troglodytes nicht weniger gründlich als Turris digitalis toxicologisch untersuchen können; bemerkenswerthe Abweichungen von den bei der Meduse erörterten Verhältnissen aber nicht angetroffen.

Das Curare lähmt bei erhaltener Muskelerregbarkeit auch bei Sagartia — und ebenso verhält sich Actinia mesembryanthemum und Anthea Cereus — motorische Nervenendapparate; denn die durch Nicotin oder Atropin fast momentan bewirkte Contraction der Muskeln centralnervösen Ursprungs fällt am curarisirten Thiere fort.

Die Veratrinwirkung (1:1500) macht an Sagartia viel mehr den Eindruck einer Allgemeinvergiftung als an Turris; es tritt in schwachen Veratrinlösungen ganz successiv ein Absterben der Gewebe ein, oft ohne alle sonstigen Symptome. Bemerkenswerth ist die Veratrinwirkung an Anthea cereus.

5 h. 30 min. Nachmittags wird eine sehr große Anthea in veratrinisirtes Meerwasser (1 : 5000) gesetzt. Erscheinungen, welche auf eine vorwiegend centrale Wirkung schließen lassen, treten nicht auf. Die Tentakeln haben sich etwas verkürzt, aber der Tentakelkranz ist nicht nach Innen eingeschlagen, schwache selbständige Bewegungen verlaufen an ihm, und auf Reize reagiren die Tentakeln wie die übrige Körpermuskulatur, indem sie sich zusammenziehen. So war der Zustand der Anthea bis 5 h. 52 min. Von 5 h. 57 min. an beginnt das Thier immer flacher und schlaffer zu werden, was mehr in einer Erschlaffung aller Muskeln als in einer ausschließlichen Contraction der Längsmuskulatur seinen Grund hat. 6 h. 2 min. reagiren die Muskelfasern auf electrische Reize noch ziemlich normal. Von 6 h. 9 min. ab verlaufen an den einzelnen Tentakeln nur noch unbedeutende Contractionen. 6 h. 30 min. hat sich der vordere Ab-

schnitt des cölenterischen Raumes (sog. Magenrohr) weit nach außen umgestülpt, die Ansatzstellen des Tentakelkranzes liegen mit der Fußplatte in einer Ebene, die Anthea hat eine richtige Kraterform angenommen (Taf. II, Fig. 9); die Tentakeln haben fast ihr ganzes Wasser verloren, sind eigenthümlich gerunzelt und sehr verkürzt. Auch zu dieser Zeit sind die Muskeln noch gut reizbar; die Mundöffnung verengt sich auf electrische Reize, doch erfolgt die Contraction viel langsamer als unter normalen Verhältnissen. 6 h. 45 min. brachte ich die Anthea in frisches Meerwasser, in welchem sie sich 7 h. 46 min. nächsten Morgens erholt hatte.

Die Sagartia troglodytes erholt sich unter günstigen Bedingungen schon in wenigen Stunden von den Folgen der Curarevergiftung und erträgt tagelang in einer hinreichend curarisirten Wassermenge den Lähmungszustand. Das Hervortreten der Mesenterialfilamente, welches am schönsten bei Anthea zu beobachten war, ist eine constante Erscheinung der Curarewirkung an allen von mir in dieser Hinsicht untersuchten Seerosen (Actinia mesembryanthemum, Sagartia troglodytes und parasitica, Anthea cereus).

Höchst merkwürdig ist der äußerste Grad von Erschlaffung, welcher sich besonders an Sagartia troglodytes nach dem Verweilen in einer 1-procentigen Coffeïnlösung ausbildet. Die Muskeln werden durch Coffeïn wenig alterirt, denn ihr Contractionsvermögen hat, wenn die Actinien bewegungslos geworden sind, nicht erheblich abgenommen. Die Coffeïnwirkung wird sich auch hier mehr an centralnervösen Apparaten äußern, obgleich eine Restitution nicht weniger leicht und schnell gelingt als an der coffeïnisirten Turris. Ganz ähnlich wirkt das Strychnin auf die Seerosen.

Eine Chininwirkung ist in 0,05-procentiger Lösung an Sagartia ebenfalls erst nach Stunden wahrzunehmen, und die Fol-

gen eines stundenlangen Aufenthaltes in der Chininlösung (1:2000) werden von ihr unter Anwendung der bekannten Cautelen unschwer überstanden.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. II.

Fig. 1. Turris digitalis in theilweise contrahirtem Zustande. Kleines Exemplar in natürlicher Größe. (Die Randfäden sind verkürzt und verdickt gezeichnet.)

Fig. 2. Turris gelähmt durch Coffeïn.

Fig. 3 u. 4. dito durch Strychnin.

Fig. 5. Durch Curare gelähmte Turris.

Fig. 6. Curarisirte Turris nach Behandlung mit Veratrin.

Fig. 7. Durch Nicotin vergiftete Turris.

In Fig. 3—7 sind die Veränderungen an den Randfäden nicht zum Ausdruck gebracht.

Fig. 8. Durch Tannin stark contrahirte Turris.

Fig. 9. Mit Veratrin behandelte Anthea cereus. 1/2 nat. Größe.

Die Curarewirkung an den Raupen von Sphinx Euphorbiae.

Als der Druck dieses Heftes fast vollendet war, bot sich mir Gelegenheit, die Lücke, welche meine vergleichend-toxicologischen Versuche über die Curarewirkung an Arthropoden gelassen hatten, theilweise auszufüllen, und zwar durch Beobachtungen an Formen, welche ich bereits früher als die zum Studium in dieser Richtung günstigsten Objecte empfohlen hatte.

Die Versuchsreihen, welche ich über die Curarewirkung an einer Anzahl Raupen von Sphinx Euphorbiae ausführen konnte, entsprechen methodisch denen, die von mir zuerst an Hirudo erfolgreich angestellt waren, und aus welchen sich wenigstens soviel ergab, daß auch bei diesem Wurme ausschließlich peripher gelegene Theile der motorischen Nerven durch das Curare gelähmt werden. Das befolgte Operationsverfahren lieferte am Blutegel fast ebenso schlagende und bindende Beweise für den Sitz der Curarewirkung als sie durch *Bernard*'s Experimente für die Wirbelthiere erbracht sind. Ueber einen einzigen Punkt blieben wir aus Mangel einer homonomen Segmentirung beim Blutegel unschlüssig; es ließ sich, wie wir sahen, nicht entscheiden, ob die motorischen Nerven in ihrem ganzem Verlaufe oder ob, wie es bei den Wirbelthieren der Fall und auch für den Egel das Wahrscheinlichste ist, nur die motorischen Nervenendapparate durch Curare gelähmt werden. Durch meine Curarevergiftungen der

Raupen von Sphinx Euphorbiae vermag ich nun zwar auch keine stichhaltige Beweisgründe dafür beizubringen, daß thatsächlich nur die motorischen Nervenend-Apparate alterirt werden[1]), doch so weit, wie uns die am Blutegel ausgeführten Versuche in unseren Schlußfolgerungen zu gehen erlauben, bringen uns auch die an dieser Schmetterlingsraupe gesammelten Beobachtungen.

Schnürt man die Raupen durch zwei fest angelegte seidene Fäden in drei gleiche Theile, so wird man finden, daß auch bei ihnen in derselben Weise wie beim Blutegel jedes Stück seine Zugehörigkeit zum Ganzen bewahrt. Man wartet, bis sich das Thier etwas erholt hat und wieder Kriechbewegungen ausführt. Injicirt man dann dem Mittelstücke einen bis zwei Tropfen einer concentrirten Curarelösung, so währt es kaum eine Minute, daß die Bewegungen an der curarisirten Mitte erlöschen, die Willensimpulse nur noch die Muskelcontractionen an dem Kopf- und Hinterende zu regieren vermögen. Es zeigt sich ferner, daß Reize nicht nur vom Kopfe durch das vergiftete Drittel zum Hinterende, von diesem Empfindungsreize zum Kopfe fortgeleitet werden, sondern daß auch Reize, welche das bewegungslose Mittelstück treffen, von dem Vorder- und Hinterende durch Abwehrbewegungen beantwortet werden. Die Ringmuskeln des curarisirten mittleren Drittels sind erschlafft, die Längsmuskeln befinden sich anfangs in einem Zustande andauernder Contraction; Letztere erlahmen zuletzt und werden bei eintretender Genesung zuerst wieder functionsfähig. Selbst in Fällen hochgradigster Vergiftung, wo die Raupe auf jeden Beschauer den Eindruck eines todten Wesens macht, hielt die Lähmung der Längsmuskulatur kaum zwei Stunden an, während die Ringmuskeln und die Fußstummel regel-

---

[1]) An größeren Schwärmerraupen (Acherontia atropos z. B.) würde sich voraussichtlich auch diese Frage lösen lassen.

mäßig viel später wieder in Bewegung geriethen; im Verlauf eines halben Tages hatte sich das Thier stets aber so weit erholt, daß es vollkommen normale Kriechbewegungen ausführen konnte.

Daß es sich um eine Lähmung nervöser und nicht contractiler Gebilde durch das Curare handelt, beweist der Erfolg der electrischen Reizung. Schwache, durch das völlig curarisirte Thier gesandte Inductionsströme bringen sowohl die Längs- wie die Ringmuskeln zu energischer Contraction, und daß die nach Curareinjection eintretenden Erscheinungen reine Vergiftungssymptome und nicht die Folge der Stichwunde sind, lehren die gleichen Wirkungen, welche das Curare an der Raupe hervorruft, wenn es als concentrirte Lösung per os oder durch die unverletzte äußere Haut aufgenommen wird.

Unsere an der Raupe von Sphinx Euphorbiae gesammelten Erfahrungen sind in doppelter Hinsicht für uns wichtig. Ueberraschen muß schon der rasche Eintritt der Vergiftungssymptome, noch mehr aber der rapide Eintritt der Erholung. Hierdurch unterscheidet sich die Curarevergiftung der Raupen sehr bemerkenswerth von der des Blutegels, der Synapta etc. Der Ausscheidungscoëfficient für Curare muß bei den Raupen demnach ein außerordentlich bedeutender sein.

Obgleich die verschiedensten Insecten einen Sauerstoffmangel nur wenige Minuten ertragen, sehen wir die durch Curare scheintodt gemachte Raupe, bei der jede Respirationsbewegung auf verhältnißmäßig lange Zeit erloschen ist, sich nach einigen Stunden erholen.

Diese Erscheinung — so abweichend von meinen Erfahrungen an Synapta — kam mir sehr unerwartet; ich vermuthete vielmehr, daß die mit einem reich verzweigten Tracheensysteme versehenen Raupen, — bei denen nach *Ranvier*'s geistvollem Ausspruche die Luftcapillaren (analog den Blutcapillaren

höherer Thiere) die Ernährungsflüssigkeit (der Lymphe höherer Thiere entsprechend) aufsuchen müssen — unfehlbar den Folgen der Curarevergiftung erliegen würden; ihre Hautrespiration reicht aber — das lehrt uns die Genesung des völlig curarisirten Thieres — aus, ihr Athembedürfniß während der Dauer der Vergiftung zu befriedigen.



Bedenken
gegen einige aus neueren Untersuchungen über den Gaswechsel bei Fischen und bei Wirbellosen gezogene Schlussfolgerungen.

Vor einigen Jahren berichtete *Grêhant*[1]), daß Schleien im Stande sind, den ganzen Sauerstoff des Wassers, in welchem sie leben, zu absorbiren und Kohlensäure dafür auszuscheiden. Zwei Schleien von 0,37 Kilo Gewicht, welche in 10,74 Kilo Seine-Wasser gesetzt waren, absorbirten in einer Stunde zehn Minuten pro Liter Wasser 5,06 Cb.-Ctm. Sauerstoff; denn das Liter Wasser, welches vor dem Athmen 6,06 Cb.-Ctm. enthalten hatte, enthielt nach dem Athmen davon nur noch 1 Cb.-Ctm.

Ferner gibt *Grêhant* an, daß die Fische sogar das Oxyhämoglobin zersetzen können. Von zwei Goldfischen gleichen Gewichtes wurde der eine in mit Luft geschütteltes Wasser, der andere in eine Mischung von $^1/_{10}$ mit Sauerstoff gesättigten Hundebluts und $^9/_{10}$ lufthaltigen destillirten Wassers gesetzt. Jede der beiden Flaschen enthielt 400 Cb.-Ctm. Flüssigkeit und wurde mit einem Glasstopfen verschlossen. Nach 13 Stunden starb der erste Fisch, und die Gasanalyse des Wassers ergab, daß aller im Wasser gelöst gewesene Sauerstoff durch die Kiemenathmung verbraucht war. Der zweite Fisch starb erst nach 21 Stunden, und aus der Gasanalyse der mißfarbigen Blutmischung soll sich ergeben haben,

[1]) *Gréhant*, Compt. rend. 26 Février 1872.

daß der Sauerstoff des Oxyhämoglobins fast ebenso vollständig absorbirt wurde als der im Wasser einfach gelöste. Das Blutwasser enthielt nämlich vor dem Versuche 8,4 Cb.-Ctm. Sauerstoff und nach dem Tode des Fisches nur noch 0,4 Cb.-Ctm. Derselbe Versuch wurde an zwei Karpfen angestellt und führte zu ganz ähnlichen Resultaten.

Die Reduction des Oxyhämoglobins durch die athmenden Gewebe der Fische war an sich nicht unwahrscheinlich; denn schon *Kühne*[1]) hatte gefunden, daß die Flimmerbewegung an den Kiemenepithelien der Anodonta in einer reinen Oxyhämoglobinlösung so lange andauert, bis der locker gebundene Sauerstoff des letzteren verbraucht ist, was durch die Spectraluntersuchung ermittelt wurde. Auch weiß man durch die Untersuchungen von *Gwosdew*[2]) und *Kotelewski*[3]), daß das Blut in den Adern der Leiche unter gewöhnlichen Verhältnissen nur reducirtes Hämoglobin enthält, da die Gefäßwandungen und Gewebe des menschlichen und thierischen Körpers Sauerstoff auch nach dem Tode absorbiren.

Es blieb nur noch die Frage zu entscheiden, ob es sich dabei wirklich um eine directe Zersetzung des Hämoglobins handelt, oder ob das Oxyhämoglobin nur deßhalb seinen Sauerstoff abgibt, weil der Fisch ganz ebenso wie der Frosch nach *Pflüger*'s Versuchen[4]) befähigt ist, die äußerste Sauerstoffarmuth zu ertragen, das Wasser völlig seines Sauerstoffgehaltes zu berauben, wodurch dann indirect, ähnlich wie mittelst der Blutgaspumpe, ein großer Theil des locker gebundenen Sauerstoffs den Blutkörperchen ent-

---

[1]) *Kühne*, Archiv f. mikr. Anatomie. Bd. II. S. 374.

[2]) *Gwosdew*, Archiv f. Anat. u. Physiol. 1867. S. 635.

[3]) *Kotelewski*, Ctrbl. f. d. med. Wiss. 1870. Nr. 53 u. 54. — *Vierordt* (Zeitschrift für Biologie. Bd. XIV, S. 422) gab jüngst eine Methode an, um die Sauerstoffzehrung der Gewebe auch am lebenden Thiere elegant demonstriren zu können.

[4]) *Pflüger* in seinem Archiv. Bd. X, S. 251.

zogen wird und im Wasser gleichmäßiger vertheilt, der Kiemenathmung zu Gute kommen kann.

War die Angabe *Gréhant*'s richtig, daß der mit dem Hämoglobin verbundene Sauerstoff fast ebenso vollständig von den Fischen absorbirt wird wie der einfach im Wasser gelöste, dann war kaum zu zweifeln, daß das Oxyhämoglobin bei der Kiemenathmung direct reducirt wird, und es blieb nur weiter zu untersuchen, wie bedeutend das Reductionsvermögen der athmenden Flächen bei diesen Kaltblütern überhaupt ist. Zur Aufklärung dieses Punktes mußte ich vorerst Substanzen ausfindig machen, welche schwerer als das Oxyhämoglobin, viel leichter aber als das Wasser ihren Sauerstoff abgeben, und wennschon die Zahl der sich zu den beabsichtigten Versuchen eignenden, leicht reducirbaren chemischen Verbindungen außerordentlich gering ist, so wurde doch im chlorsauren Natrium ein Salz gefunden, mit welchem voraussichtlich wenigstens eine Versuchsreihe erfolgreich anzustellen war. Ferner hatte uns *Schmiedeberg*[1]) mit den interessanten Thatsachen bekannt gemacht, daß der Sauerstoff des Oxyhämoglobins durch einen unbedeutenden Zusatz von Weingeist, Aether oder Chloroform fester gebunden wird, sodaß er bei Gegenwart dieser Stoffe weniger leicht an reducirende Substanzen abgegeben wird als sonst.

Ueberzeugt, daß wenn dem Karpfen, dem Schlei und dem Goldfische ein Reductionsvermögen sauerstoffhaltiger Verbindungen zukommt, es auch nahe verwandten Fischen nicht fehlen wird, führte ich meine Untersuchungen vorzugsweise an dem mir damals in großer Menge zur Verfügung stehenden Gobio fluviatilis aus; aber auch an Gobio uranoscopus, Chondrostoma nasus und verschiedenen kleinen Leucisciden stellte ich einige Experimente an. Die Gefäße, in welchen die Versuche ausgeführt

[1]) *Schmiedeberg*, Archiv für Heilkunde. Bd. VIII. 1867. S. 273 und Petersburger med. Zeitschrift. 1868. Heft 2, S. 93.

wurden, faßten 250—300 Cb.-Ctm. und waren mit Glasstopfen fest verschlossen.

Es würde ganz überflüssig sein, alle die zahlreichen Controlversuche, die vielfach modificirten Versuchsreihen aufzuzählen, welche ich über die Zersetzung des Oxyhämoglobins bei der Athmung der Fische angestellt habe; denn niemals gelang es mir spectroskopisch wahrzunehmen, daß das Oxyhämoglobin, welches dem destillirten oder dem mit Luft geschüttelten Brunnenwasser zugesetzt worden war, bei dem Respirationsgeschäfte der Fische reducirt wurde. Wenn der Fisch nach $^1/_2$—8 Stunden an Sauerstoffmangel gestorben war, zeigte das Spectrum des Blutwassers immer noch die beiden für das Oxyhämoglobin charakteristischen Streifen; mochte das Wasser $^1/_{100}$, $^1/_{50}$, $^1/_{25}$, $^1/_{10}$, $^1/_5$, 1 oder 5 Vol. p. Ct. Rinderblut enthalten. Es war ganz gleichgültig, ob die Portionen mit reinem, chloroformirtem (10 Tropfen Chloroform auf 5 gr. Blut) oder alkoholisirtem (1—10 Theile Alkohol auf 100 Theile Blut) Blute angesetzt waren, nie beobachtete ich, daß eine spectroskopisch wahrnehmbare Reduction des Oxyhämoglobins bis zum Tode des Fisches eingetreten war. Da die Fische in dem Blutwasser stets auffallend länger als in dem ausgekochten Wasser lebten, so glaube zwar auch ich, daß das Blut in Folge des Sauerstoffverbrauchs bei der Athmung sauerstoffärmer wurde; aber ich sehe die Ursache davon nicht in einer directen Zersetzung des Oxyhämoglobins, wie solche *Gréhant* anzunehmen scheint, sondern lediglich darin, daß Fische auch in sauerstoffarmen Medien leben können, und daß deßhalb (entsprechend der Verringerung des Sauerstoffgehaltes des Blutwassers) der aus den rothen Blutkörperchen successive abdunstende, sich gleichmäßiger im Blutwasser vertheilende Sauerstoff ausreicht, ihr Leben auf eine Zeit zu fristen. Für die Richtigkeit dieser Auffassung spricht ferner auch die Thatsache, daß ein aus dem frischen Flußwasser in eine noch reichlich Oxyhämoglobin enthaltende Blutflüssigkeit, in

welcher kurz vorher ein gleicher Fisch an Sauerstoffmangel zu Grunde ging, gesetzter Gobio darin äußerst schnell erstickte.

Setzte ich destillirtem, von Kochsalz durchaus freiem Wasser chlorsaures Natrium hinzu und brachte in jede der so angefertigten 0,05-, 0,1-, 0,3-, 0,5- und 1-procentigen [1]) chlorsauren Natriumlösungen, welche gut verschlossene Gläser von 275—286 Cb.-Ctm. Fassung füllten, einen Gobio fluviatilis oder kleine Chondrostoma nasus, so starben die Fische darin regelmäßig im Verlaufe von 15—45 Minuten, ohne daß sich aber auch nur Spuren von Kochsalz mittelst Silbernitrats in der chlorsauren Natriumlösung nachweisen ließen [2]).

Gestützt auf die Ergebnisse meiner Versuche muß ich annehmen, daß die Fische — sicherlich die Arten, an welchen ich experimentirte — ebensowenig das Oxyhämoglobin zu zersetzen vermögen, als wie durch ihre Kiemenathmung chlorsaures Natrium zu Chlornatrium reducirt werden kann.

Daß die Fische selbst in sehr verdünnten Kaliumhypermanganatlösungen (1: 3000) rasch sterben, indem sich Reductionsproducte auf der Schleimhaut der Kiemen niederschlagen und dadurch die Athmung unmöglich machen, ist nicht wunderbar; denn die Schleimhaut der Mundhöhle, epidermoidale Gebilde und selbst viele todte organische Substanzen (Kork, Gummi, Holz etc.) zersetzen gleichfalls die übermangansaure Kaliumlösung.

---

[1]) Eine Zunahme um 1 % im Salzgehalt des Flußwassers wirkt, wie mich meine Versuche lehrten, an sich nicht schädlich auf Gobio. Ich konnte die Fische in Flußwasser, dessen Kochsalzgehalt um 1 % künstlich gesteigert war, tagelang bei ungeschwächter Lebensenergie erhalten. In einem Flußwasser, dem hingegen 1 % Chlorkalium zugesetzt war, waren sie aber stets am zweiten Tage gestorben.

[2]) Eiter, Hefe und Fibrin (letzteres wahrscheinlich am besten) berauben nach *Binz* (Arch. f. exp. Pathol. und Pharmak. Bd. X, S. 153) in der That das in Wasser gelöste chlorsaure Kalium (1:5000—1:1000) bei Zimmer- und Blutwärme seines Sauerstoffs; besonders rasch soll dieß geschehen, wenn sie zu faulen beginnen.

Da nach den Untersuchungen von *Seczenow* und *Pokrowsky* [1]) die Wirbellosen (abweichend von dem Verhalten der Vertebraten) der Kohlenoxydvergiftung widerstehen, so war ein Weg in Aussicht gestellt, auf dem man dem Verständnisse der Function des Hämoglobins bei einigen Wirbellosen [2]) näher treten konnte.

In ein weites, beiderseits durch Körke verschlossenes Glasrohr, dessen Kaliber etwa 7 Ctm. breit und 28 Ctm. lang war, wurden fünf sehr große, unversehrte Lumbricus complanatus gesetzt. Beide Korke im Rohre waren durchbohrt; in die Oeffnung des unteren Korkes war das Zuleitungsrohr für das Kohlenoxydgas eingepaßt, das in den oberen Korkstopfen des aufgerichteten Glasrohres eingesetzte Röhrchen diente zur Ableitung des Gases [3]). Als das Kohlenoxydgas in kräftigem Strome durch die Röhre, in der sich die Regenwürmer befanden, geleitet wurde, gab sich an ihnen bald ein Unbehagen kund, doch nach einigen Minuten ließ ihre Aufregung nach, und in ihren Bewegungen prägte sich ein Ausdruck von Unbehagen kaum mehr aus. Als zwei bis drei Stunden lang reines Kohlenoxydgas unaufhörlich durch die Röhre geleitet war, öffnete ich den oberen Kork des Rohres, um eine Aphrodite, deren Bauchstrang bekanntlich ausschließlich durch Hämoglobin gefärbt ist, ihnen zuzugesellen.

---

[1]) *Pokrowsky, Müller*'s Archiv. 1866. S. 61.

[2]) Ich habe schon früher (Vergl. physiol. Beiträge etc. Unters. an dem physiol. Inst. der Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 20) des Hämoglobinvorkommens bei Wirbellosen gedacht und möchte hier nur ergänzend bemerken, daß es nicht allein gelang spectroskopisch die Identität des Blutroths vieler Würmer mit dem echten Hämoglobin festzustellen, sondern daß auch bereits vor mehreren Jahren *Rollett* aus dem Lumbricusblute und *Aug. Ewald* jüngsthin aus der Blutflüssigkeit von Arenicola piscatorum Häminkrystalle darstellen konnten.

[3]) Diese Versuche führte ich in dem chemischen Laboratorium der Handels-Academie zu Triest aus, dessen Director, Herrn Professor *Aug. Vierthaler*, ich für seine gütige Unterstützung zu besonderem Danke verpflichtet bin.

Sie war kurz zuvor aus dem Meerwasser genommen, und als das ihr anhaftende Salzwasser den Leib ihrer Gefährten benetzte, geriethen diese in eine solche Aufregung, wie sie das Kohlenoxyd nie an ihnen hervorgebracht hatte. Hiernach zu urtheilen, sind die Regenwürmer gegen eine circa $3^1/_2$-procentige Salzlösung ungleich empfindlicher als gegen das Kohlenoxydgas, und trotzdem fast alles Oxyhämoglobin ihres Blutes in Kohlenoxydhämoglobin übergeführt war, hatte ihre Empfindlichkeit für das Salzwasser nicht abgenommen.

Dafür, daß sich bei Lumbricus das Kohlenoxyd thatsächlich mit dem Hämoglobin verband, spricht schon die merkwürdige Farbenveränderung, welche sich an den Würmern in der Kohlenoxydatmosphäre allmählich ausbildet. Ihr für gewöhnlich bräunliches Colorit geht in ein lebhaftes Roth über, und das durch Einstich in reichlicher Menge von den Würmern zu erhaltende Blut zeigt in ausgezeichneter Weise den für das Kohlenoxydhämoglobin so charakteristischen bläulichen Farbenton. Obgleich ich das Durchleiten des Kohlenoxyds mehrere Stunden fortsetzte, bin ich nicht sicher, ob alles Oxyhämoglobin der Blutflüssigkeit in Kohlenoxydhämoglobin übergeführt wurde, da nach Behandlung des dem vergifteten Thiere entnommenen Blutes mit Schwefelammonium verhältnißmäßig bald im Spectrum der Streifen des reducirten Hämoglobins zum Vorschein kam.

Waren schon während der Versuchsdauer keine erhebliche Functionsstörungen an den Lumbriciden wahrzunehmen, so gingen doch alle, welche mehrere Stunden hindurch dem Kohlenoxydgase ausgesetzt gewesen waren, innerhalb 24 Stunden zu Grunde.

Lumbricus verhält sich demnach gegen reines Kohlenoxydgas ähnlich wie der Frosch, welcher darin allmählich matt wird und erst nach mehreren Stunden ohne Krämpfe durch Lähmung stirbt. Vorausgesetzt die Richtigkeit der Angaben von *Pokrowsky*, *Cl. Bernard* und *Buchheim*, denen gemäß wirbellose Thiere durch

Kohlenoxyd enthaltende Luft garnicht afficirt werden, würde der Regenwurm eine Ausnahme von dieser Regel machen; denn obschon er lange der Kohlenoxydvergiftung zu widerstehen vermag, so ist er doch keineswegs durchaus immun gegen die Störungen, welche durch die Veränderung des Hämoglobins in seinem Blute veranlaßt werden. Nachdem sich aber an Lumbricus — zwar als an einem Hämoglobin enthaltenden Wurme — nachweisen ließ, daß sich ein Wirbelloser dem Kohlenoxyd gegenüber ähnlich wie der Frosch verhält, welcher ebenfalls der Kohlenoxydvergiftung besser widersteht als die warmblütigen Wirbelthiere, ist die Wiederholung der Versuche mit Kohlenoxyd an hämoglobinfreien Wirbellosen dringend geboten.

Der Nachweis des Vorkommens von Chlorophyll — als jenem Körper, welcher das Protoplasma der Pflanzen in den Stand setzt, die Kohlensäure zu zerlegen, — bei Thieren hat seiner Zeit nicht weniger die allgemeine Aufmerksamkeit erregt als der vermeintliche Befund celluloseartiger Stoffe bei den verschiedensten Tunicaten.

Cohn fand dem Chlorophyll ähnliche Farbstoffe bei mehreren Wimperinfusorien (Bursaria, Stentor, Loxodes, Euglena) und *Greef* bei Heliozoën (Rhaphidiophrys viridis, Acanthocystis viridis, Heterophrys varians). Von Hydra viridis unter den Cölenteraten, Vortex viridis unter den rhabdocölen Turbellarien und von Bonellia viridis unter den Gephyreen wurde gleichfalls die Anwesenheit von echtem Chlorophyll berichtet. Auch bei Eulalia vinifer einer Nereïde scheint sich ein ähnliches grünes Pigment zu finden.

Die Thatsache, daß in zahlreichen Ciliaten (Paramæcium, Bursaria, Euplotes, Coturnia etc.) das Chlorophyll nur bisweilen vorkommt, daß, wie *Focke* angibt, alle als grün beschriebenen Infusorien auch farblos vorkommen, und viele roth und blau augegebenen oft roth und weiß sich finden, die von *Pagen-*

stecher gemachte Bemerkung, daß die Hydren bei Fütterung mit Daphnienkrebsen roth statt grün werden, die Angabe von *Bronn*, daß die sog. grünen Austern aus seichten und ruhigen Seeteichen stammen, die das Gedeihen von Conferven, Ulven und dergleichen begünstigen, welche den Austern zur Nahrung dienen, und ihre Farbe in diese übertragen — alles, sage ich, spricht dafür, daß das in den Geweben dieser Thiere abgelagerte Chlorophyll aus den genossenen Pflanzen stammt.

Um so mehr mußte die Mittheilung von *Geddes*[1]) überraschen, daß die grünen Planarien, welche er in großer Menge bei Roscoff sammeln konnte, im Dunkeln nach wenigen Tagen sterben, aber dem Lichte ausgesetzt, Kohlensäure zerlegen, Sauerstoff entwickeln und ungleich länger als die Dunkelthiere im Aquarium zu halten sind. Durch *Geddes*' Beobachtungen dürfte es somit wahrscheinlich geworden sein, daß bei den betreffenden Planarien dem Chlorophyllfarbstoffe dieselbe assimilatorische Function wie bei den Chlorophyll führenden Pflanzen zukommt, daß das Chlorophyll in den Planarien nicht etwa bloß aus der Nahrung übernommenes, sondern thatsächlich arbeitendes ist. Durch die Beweisführung des ersten Satzes ist zwar keineswegs die des zweiten ohne Weiteres geliefert. Obschon man mit einer künstlich bereiteten Chlorophylllösung keine Reduction der Kohlensäure bewerkstelligen konnte — die Chemie bislang nur in der Zersetzung des Schwefelkohlenstoffs durch's Licht [2]) der Kohlensäurezerlegung durch das belichtete Chlorophyll in der lebenden Pflanze etwas Analoges an die Seite zu stellen vermag, — so könnte man doch mit *Wiesner* [3]) der Ansicht sein, daß auch das seines Mutterbodens beraubte Chlorophyll unter günstigen,

[1]) *Geddes*, Compt. rend. T. LXXXVII, p. 1093.

[2]) Vergl. *Loew* in *Silliman*'s Journ. 1868. Novemberheft.

[3]) *Wiesner*, Sitzungsberichte der Wiener Academie. Math.-naturw. Cl. 69. Bd. I. Abth. S. 59.

uns vorläufig nicht bekannten Bedingungen an einem anderen Orte — in künstlich angefertigten Lösungen oder in den lebenden Geweben von Thieren, welche es in ihrer Kost resorbirten, — wieder functionsfähig wird.

Manches deutet darauf hin, daß bei den höher organisirten Würmern angetroffene grüne Farbstoffe ungenügenden Untersuchungen zur Folge mit Unrecht für echtes Chlorophyll ausgegeben sind; die für eine solche Annahme vorgebrachten Gründe sind kaum bindender als für die, irgend ein blutrothes, thierisches Pigment als Hämoglobin zu bezeichnen.

So erklärte *Gottlieb* [1]) den Farbstoff von Bonellia viridis auf Grund seiner damit angestellten chemischen Reactionen für gutes Chlorophyll. Vergleicht man aber das Spectrum, welches *Schenk* [2]) mit dem frischen Alkohol- und Aetherextracte davon erhielt, mit den Spectren der Chlorophyllfarbstoffe [3]), so wird es unmöglich sein, eine Uebereinstimmung beider aufzufinden. Selbst die Lage des ersten Bandes (hinter C) im Spectrum des alkoholischen Auszuges vom Bonelliafarbstoffe ist viel zu sehr dem violetten Ende genähert, als daß es mit dem constant vor C liegenden Absorptionsbande der alkoholischen Chlorophylllösungen, welche *Kraus*, *Pringsheim*, *Sorby* und viele andere Beobachter aus den verschiedensten Pflanzen anfertigten und untersuchten, irgendwie verglichen werden könnte. Auch *Sorby* [4]) ist von der Eigenartigkeit des Bonelliafarbstoffes überzeugt und bezeichnet ihn deßhalb als Bonelleïn. Da, soweit meine eigenen Erfahrungen und meine Literaturkenntniß reichen, Bonellia viridis

[1]) Vergl. *Schmarda*, Sitzungsb. der Wiener Academie. Math.-naturw. Cl. 4. Bd. 1852.

[2]) *Schenk*, Sitzungsberichte der Wiener Academie. Math.-naturw. Cl. 72. Bd. II. Abth. 1875.

[3]) *Kraus*, Zur Kenntniß der Chlorophyllfarbstoffe und ihrer Verwandten. Stuttgart 1872.

[4]) *Sorby*, Quart. Journal of Microscop. Science. Vol. XV, p. 166.

regelmäßig sattgrün gefärbt ist, während z. B. bei den Infusorien der grüne Farbstoff, wie ich bereits erwähnte, keineswegs constant ist, so verdient der Farbstoff bei diesem Gephyreen an sich schon eine besondere Beachtung. Aber ganz abgesehen davon, ob wir es bei Bonellia mit einem dem Chlorophyll verwandten oder mit einem ganz anderen Pigmente zu thun haben, bleibt die fundamentale Frage hier und in allen analogen Fällen immer die, ob die mit dem chlorophyllähnlichen Farbstoffe ausgerüsteten Thiere wie die Pflanzen unter dem Einflusse der wirksamen Strahlen des Sonnenlichtes Kohlensäure unter Assimilation von Kohlenstoff und Entwicklung von Sauerstoff zerlegen können oder nicht. Versuche in dieser Richtung sind zuerst von mir auf der k. k. zoologischen Station zu Triest an frisch eingefangenen, großen und unverletzten Exemplaren von Bonellia viridis angestellt. Die Anordnung und die Ergebnisse meiner Versuche sind folgende:

Mehrere einseitig zugeschmolzene Glascylinder (9—14 Ctm. lang und 2—4 Ctm. breit) wurden abwechselnd beschickt:

1) mit 15 Cb.-Ctm. Luft und 20 Cb.-Ctm. CO_2.
2) „ 30 „ „ „ 9 „ CO_2.
3) „ 12,5 „ „ „ 3,5 „ CO_2.
4) „ 4 „ „ „ 4 „ CO_2.
5) „ 30 „ CO_2.
6) „ 30 „ Luft.

Die Gassäule war nach unten durch eine 3—8 Ctm. hohe Schicht von Meerwasser abgeschlossen, in dem sich 2—5 kräftige Bonellien befanden. Ein Propf aus Glaswolle, welcher die Oeffnung des Glascylinders nach unten abschloß, verhinderte, daß die Bonellien das Rohr verließen.

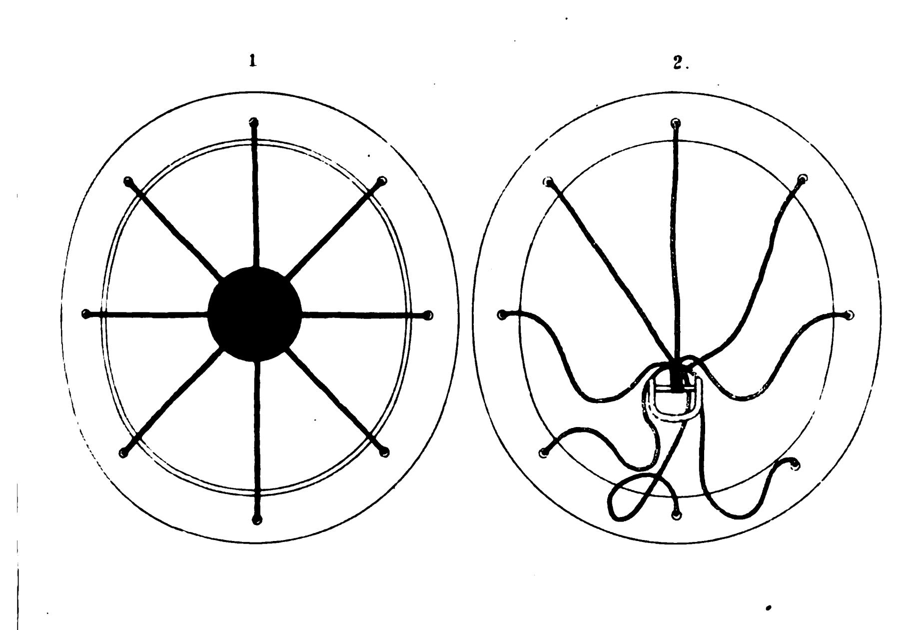
Die Röhrchen exponirte ich an sehr hellen, wolkenlosen Tagen um die Mittagszeit 4—6 Stunden hindurch direct den Sonnenstrahlen und wiederholte die Versuche alsdann mit der Abände-

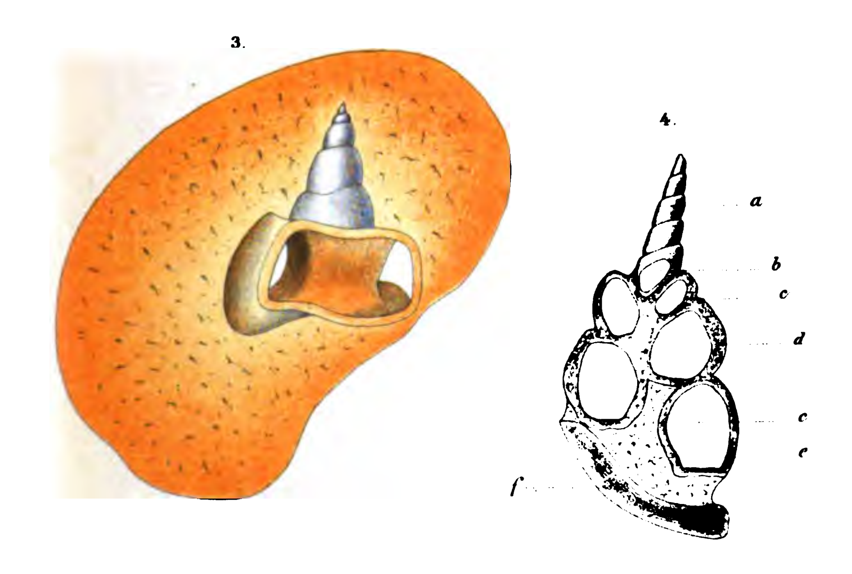
rung, daß ich sie den ganzen Tag im Gange erhielt. Mehrere Male ließ ich den Versuch der Controle wegen auch 2—3 Tage und Nächte ununterbrochen fortdauern. Obschon es besser gewesen wäre, die Gas- und Wassersäule mit den Bonellien nach unten statt mit Glaswolle durch Quecksilber abzuschließen, welches mir zu Triest leider nicht in genügender Menge zur Verfügung stand, so beweisen die Ergebnisse meiner Untersuchungen doch jedenfalls soviel, daß die Kohlensäure unter dem Einfluß des Lichtes von den Bonellien unter Sauerstoffentwicklung nicht zerlegt wird. 2—3 Cb.-Ctm. CO_2 wurden regelmäßig von der unterstehenden Wasserschicht absorbirt, das nach Stunden ausgeführte Schütteln des Gasgemisches mit Kalilauge ergab aber, daß niemals das ursprüngliche Kohlensäurevolum vermindert, sondern höchstens etwas vermehrt war, mochte der Versuch 4—6 Stunden bei intensiver Belichtung oder ununterbrochen tagelang unterhalten gewesen sein. Aufsteigende Sauerstoffbläschen, wie sie *Geddes* bei den analogen Versuchen mit Planarien in dem Wasser bemerkte, konnte ich durchaus nicht wahrnehmen, und nach mehrstündiger Belichtung der Bonellien erlosch in der überstehenden Gassäule das brennende Holz statt daß es — was der Fall sein müßte, wenn das Gas an Sauerstoff reich gewesen wäre, — glimmend sich entflammte. Auch der gewöhnliche Aufenthalt der Bonellien tief in Gesteinen deutet allein schon auf eine große Unabhängigkeit ihrer Lebensbedingungen von der Belichtung hin.

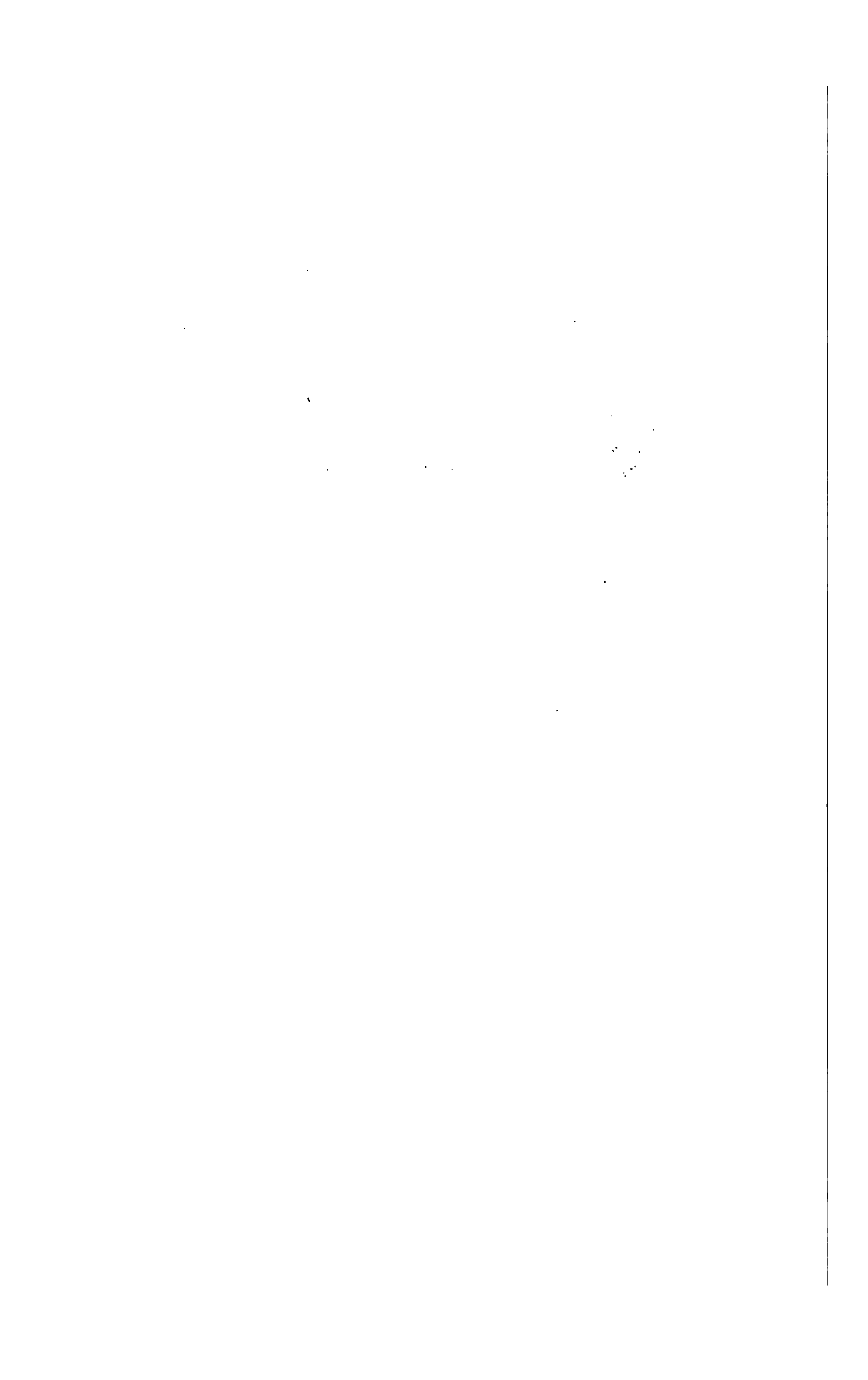
Inhalt der ersten Abtheilung.

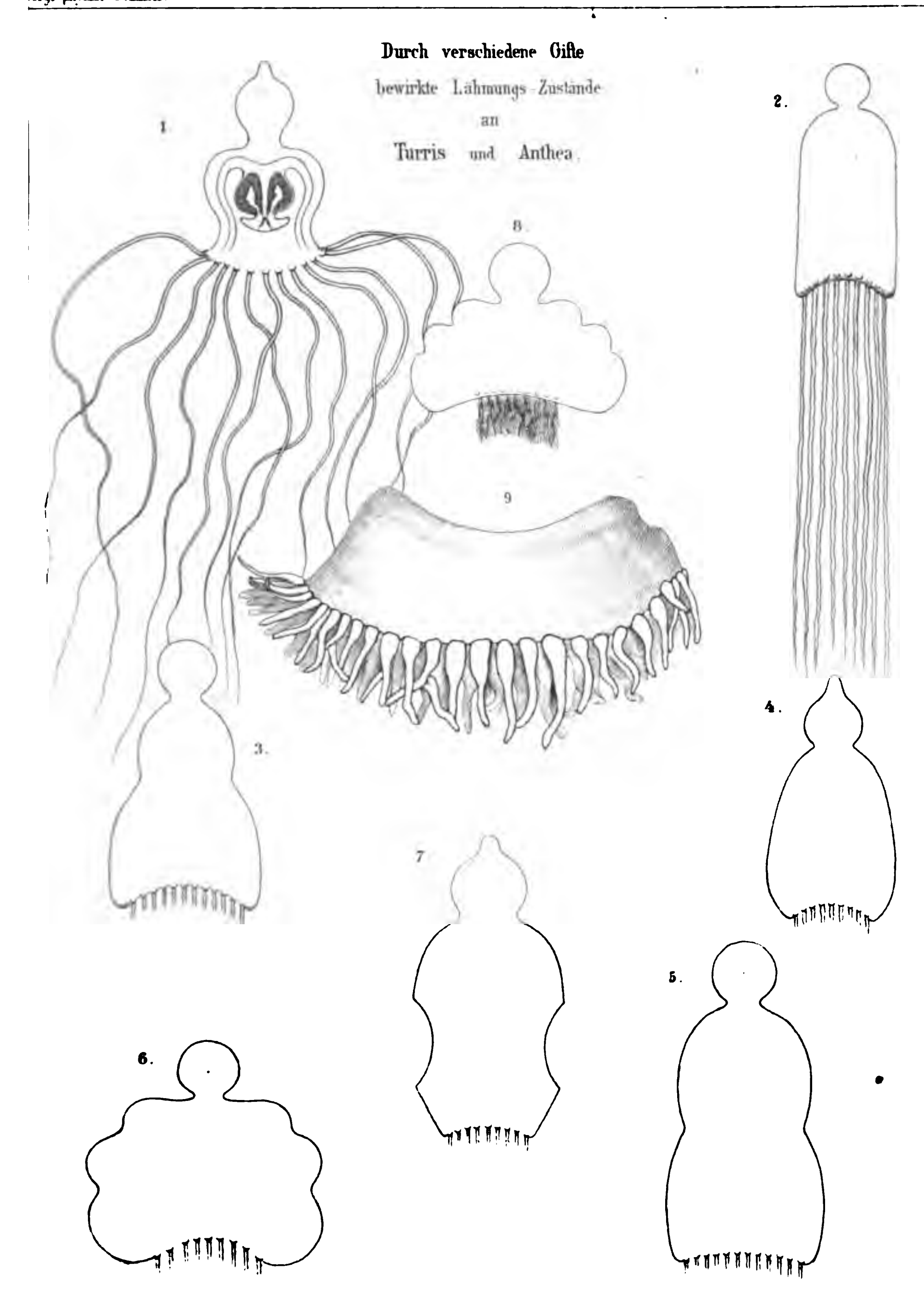


C. F. Winter'sche Buchdruckerei.


1
2.


3.
4.
a
b
c
d
e
e
f





… ad nat. del. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg.

VERGLEICHEND-PHYSIOLOGISCHE STUDIEN

AN DEN

KÜSTEN DER ADRIA.

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

VON

Dr. C. FR. W. KRUKENBERG.

ZWEITE ABTHEILUNG.

MIT ZWEI LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1880.

Ueber Unterschiede der chemischen Bestandtheile von Organen ähnlicher Function bei Vertretern verschiedener Thierclassen.

In meinen früheren Arbeiten hatte ich mehrere auffällige Unterschiede zwischen den scheinbar mit gleicher Function betrauten Geweben bei verschiedenen Thierformen aufgefunden; es wurden physiologische Verschiedenheiten selbst da entdeckt, wo die morphologische Uebereinstimmung äußerst groß erschien. Ich habe auf den Wechsel des Accomodationsvermögens der den lebenden Organismus zusammensetzenden Zellen bei verminderter Sauerstoffzufuhr hingewiesen ich habe die Verschiedenheit der eiweißverdauenden Enzyme in der Thierreihe darzuthun versucht, ich habe ferner berichtet, daß sich die Vertreter mancher Typen gegen Curare, Strychnin, Chinin und gegen die Substanzen der pharmakologischen Alkoholgruppe von dem an Wirbelthieren studirten Verhalten bemerkenswerth unterscheiden.

Als ich diese Ergebnisse erhalten hatte, lag mir daran zu wissen, wie groß sich die Uebereinstimmung zwischen der chemischen Zusammensetzung und der Function der Gewebe bei Vertretern der verschiedenen Thierclassen gestaltet, wie weit die chemische Zusammensetzung der Organismen überhaupt zu variiren, in wie hohem Grade das rein anorganische über das organische Baumaterial zu prävaliren vermag.

Durch das Studium der mir zugängigen Literatur wurde ich bald überzeugt, daß zahlreiche Versuche, welche zur Klarlegung der gestellten Fragen sehr geeignet sind, bereits von früheren

und theilweise von ganz ausgezeichneten Forschern ausgeführt waren, daß die uns hier interessirenden Befunde aber wie fast alle vergleichend physiologischen Daten in den verschiedensten Zeitschriften und Specialarbeiten verstreut sind, und nur Einiges davon jemals wissenschaftlich geordnet wurde. In der den Tendenzen der vergleichenden Physiologie entsprechenden wissenschaftlichen Gruppirung des Bekannten, basirend auf der eigenen experimentellen Nachuntersuchung, in der Ausfüllung der sich voraussichtlich bei dieser kritischen Zusammenfassung ergebenden Lücken durch neue Versuche mußte ich deßhalb vorzugsweise meine Aufgaben erblicken.

I. Die Gerinnungstemperaturen der Eiweisskörper in den contractilen Geweben der Thiere.

Kühne's berühmte Untersuchungen ergaben, daß die Temperatur, bei welcher die contractilen Gewebe wärmestarr werden, für protoplasmatische Gebilde sehr verschiedener Herkunft wenig variirt, daß die Eiweißsubstanzen, welche die lebenden Körper zusammensetzen, eine gewisse Verwandtschaft bekunden. So werden nach *Kühne* Didymium serpula und Meerwasseramöben bei 35° C. wärmestarr, Aethalium septicum und Süßwasseramöben hingegen erst bei 40° C., die farblosen Blutkörperchen vom Salamander und vom Frosch erfahren diese Veränderung erst bei 42—43° C., und an denen des Menschen bildet sich die Wärmestarre noch später (bei 45° C.) aus. Ferner fand *Kühne*, daß auch die Muskeln verschiedener Wirbelthiere Gerinnungsdifferenzen dieses Grades aufweisen, daß während z. B. die Froschmuskeln bereits bei 35° C. momentan starr werden, dasselbe am Säugermuskel erst durch eine Erwärmung von 40—41° C. und an den Muskeln der Vögel durch ein Erwärmen auf 43—45° C. bewirkt wird, — daß demnach das Myosin in den genannten Wirbelthiermuskeln nicht ein und dasselbe zu sein scheint.

Das höchst genaue Normalthermometer, welches Herr Professor *Vierthaler* mir gütigst zur Verfügung stellte, setzte mich in den Stand, die Gerinnungserscheinungen der wässerigen Auszüge von den contractilen Geweben mehrerer Wirbelloser, auf welche, soviel mir bekannt ist, diese Versuche bislang nicht ausgedehnt wurden, zu studiren. Trotzdem eine Trennung der contractilen Elemente von ihrer Nährflüssigkeit, den Drüsen- und Bindegewebszellen bei den Spongien nicht ausführbar, das Blut bei den höher organisirten Evertebraten durch Ausspritzen aus den Muskeln kaum zu entfernen ist, so glaube ich dennoch, daß meine Resultate wenigstens einen Einblick in diese z. Z. ganz dunkelen Verhältnisse gestatten und so die Anregung zu eingehenderen und sorgfältigeren Studien, deren Ausführung mir zahlreicher Hindernisse wegen nicht vergönnt war, abgeben werden.

Nach *Kühne*'s Verfahren wurden die lebenden Thiere (Rhizostoma, Alcyonium und Spongien) oder die denselben entnommenen und möglichst rein präparirten Muskeln (Actinien, Holothuria, Mollusken etc.) sehr fein zerhackt, und mit wenig Wasser verrieben ließ ich sie abwechselnd $^1/_2$—6 Stunden maceriren; alsdann preßte ich den Fleischsaft aus und füllte einige Tropfen des meist vollkommen klaren Filtrates in enge Glasröhrchen, welche in einem großen, $^1/_2$—1 Liter Wasser enthaltenden Becherglase erhitzt wurden. Die Quecksilberkugel des Thermometers befand sich im Wasser möglichst nahe dem Gewebsauszuge, und dieser war in hinreichender Entfernung von dem Boden des Becherglases mitten in der Wassersäule fixirt. Die Gerinnungsversuche wurden der genauen Bestimmung des Coagulationspunktes, der Sonderung des Schwankenden vom Constanten und der Beseitigung der sich der durch Filtration zu erzielenden Klärung meist entgegenstellenden Schwierigkeiten wegen stets mehrere Male (bei Materialmangel zwar mit Portionen ein und desselben Extractes) ausgeführt. Ich gelangte zu folgenden Ergebnissen:

Spongien.

Tethya Lyncureum. In dem Wasserextracte der Tethyarinde begann die erste Gerinnung, als es auf 46° C. erwärmt war, und sie erreichte bei 50° C. ihren Abschluss. Wurde der Niederschlag abfiltrirt, so trat bei 62° C. eine zweite Coagulation auf, welche bis zum weiteren Erwärmen auf 65° C. an Intensität zunahm. Das klare Filtrat gerann abermals bei ungefähr 80° C. Das Wasserextract des ausgeschälten Centraltheiles oder des ganzen Schwammkörpers zeigt ganz die gleichen Coagulationsverhältnisse. Ich habe die Bestimmungen der Gerinnungstemperaturen bei Tethya acht- bis zehnmal mit aller Sorgfalt und unbekümmert um meine früheren Ergebnisse wiederholt und die Versuche auch insofern variirt, als ich bald die Schwammstückchen 1/2 Stunde oder 2 Stunden, bald 6 Stunden und länger maceriren ließ, — aber Alles, ohne erheblicheren Differenzen zu begegnen. Der Eintritt der Gerinnung erweist sich in allen drei Versuchsreihen außerordentlich constant; die erste Coagulation (bei 46—50° C.) ist die bedeutendste, die zweite (bei 62—65° C.) weniger stark und die letzte (bei etwa 80° C.) meist am schwächsten.

Ganz unabhängig von diesen Bestimmungen, welche ich mit dem Wasserauszuge von Tethya ausgeführt hatte, unternahm ich meine Versuche mit den wässerigen Extracten von

Chondrosia reniformis. In diesen erschien die erste schwache Trübung bei 45,5° C. Eine bedeutendere Coagulation des Filtrates erfolgte bei 56° C., welche sich bei weiterem Erwärmen auf 57,5° C. noch erheblich verstärkte. Als das Schwammextract eine Temperatur von 60° C. angenommen hatte, kühlte ich dasselbe ab, entfernte durch Filtration das Gerinnsel und constatirte, daß die geringe Trübung des Filtrates, welche nicht beseitigt werden konnte, sich bis 75° C. nur wenig steigert, bei etwa 80° C. aber bedeutender wird.

Myxilla rosacea. Eine (in den wässerigen Auszügen von

Tethya alle späteren an Stärke übertreffende) hoch in den vierziger Graden erscheinende Gerinnselbildung kam mir beim allmählichen Erwärmen des Wasserextractes von Myxilla rosacea nicht zur Beobachtung. In diesem trat das erste schwache Coagulum bei 65° C. auf, und als dieses abfiltrirt wurde, gerann das klare Filtrat abermals bei etwa 80° C.

Aus diesen für die einzelnen, sonst in ihrem Baue untereinander sehr abweichenden Schwämme (Chondrosia ist eine Gumminee, Tethya ein Suberitide und Myxilla gehört zu der Familie der Desmacidoniden) theilweise gut übereinstimmenden Bestimmungen der Gerinnungstemperaturen ergeben sich auffallende Differenzen zwischen den Albuminaten der Spongien und denen speciell der Froschmuskeln. Das Wasserextract von diesen zeigt bekanntlich die erste Coagulation bei 40° C., eine zweite constant bei 45° C., eine dritte Trübung bei 60° C. und die letzte starke Gerinnung bei 75° C. Der auch im Fleischsafte der Säuger regelmäßig bei 45° C. erfolgenden Coagulation scheint bei einigen Spongien (Tethya, Chondrosia) die etwas später, aber nicht weniger constant eintretende, erste Gerinnung zu entsprechen; die beiden letzten Gerinnungen, welche die wässerigen Auszüge der in dieser Hinsicht untersuchten Spongien aufweisen, unterscheiden sich aber zu auffällig von den nächstliegenden Coagulationspunkten der Wasserextracte von Säugermuskeln, als daß sie ohne Weiteres auf diese bezogen werden könnten [1]).

Actinien.

Sagartia troglodytes. Die Coagulationen der Eiweißstoffe in den wässerigen Auszügen des von den Septen, den Tentakeln,

[1]) Wenn ich hier die Eiweißstoffe der Wirbelthiermuskeln zum Vergleich benutze, so bin ich mir dabei wohl bewußt, daß in meinen Spongienextracten die Eiweißsubstanzen sicherlich sehr verschieden functionirender und nicht nothwendig mit einem Contractionsvermögen begabter Gewebselemente enthalten waren.

den Mesenterialfilamenten und Geschlechtswerkzeugen abgetrennten Muskelschlauches der Sagartia troglodytes weichen von dem erörterten Verhalten des Myxillaextractes kaum ab. Auch hier erscheint das erste Coagulum bei ungefähr 65° C. Diesem voluminösen Niederschlage folgt nur noch bei circa 80° C. eine sehr schwache Trübung.

Anthea cereus. Der ähnlich hergerichtete wässerige Auszug des Muskelschlauches von Anthea cereus gerinnt bei etwa 40° C. Diese Gerinnung ist ziemlich beträchtlich; weniger stark die, welche in der ersten Hälfte der sechsziger Grade auftritt. Die um 80° C. erfolgende dritte Trübung ist nur schwach.

Bis auf die eine, schon vor 40° C. in dem Wasserextracte der Antheamuskeln beginnende Coagulation lassen sich die an den beiden Actinien gewonnenen Ergebnisse ungezwungen mit denen bei den Spongien in Einklang bringen.

Rhizostoma[1]) und Alcyonium.

Rhizostoma Cuvieri. In dem wässerigen Auszuge von Rhizostoma beobachtete ich eine schwache Trübung vor 44° C. und eine noch geringere in den siebziger Graden. Das erhaltene Wasserextract enthielt sehr wenig Albuminate; auf Essigsäurezusatz entstand darin nur eine unbedeutende Trübung.

Alcyonium palmatum. Das klare Filtrat des wässerigen Extractes von dem Stamme und den Einzelpolypen zeigt die erste, wenig auffällige Trübung bei ungefähr 45° C. Bei etwa 70—72° C.

[1]) Anhangsweise sei eines von mir an Turris digitalis ausgeführten Versuches gedacht. Ein schönes Exemplar von dieser Meduse wurde in ein mit Meerwasser gefülltes Probirröhrchen gesetzt und dieses in besprochener Weise durch das Wasser im Becherglase successive stärker erhitzt. Als das Thermometer eine Temperatur von 46° C. anzeigte, begannen die Radiärcanäle undurchsichtig zu werden, und die Contouren des Thieres strebten der Kugelform zu. Gegen 74—80° C. schrumpfte die Turris bis auf Erbsengröße zusammen, aber ohne daß sich der kuppelförmige Aufsatz der Glocke und das übrige Gallertgewebe trübten.

gerinnt das Filtrat zum zweiten Male; die starke Trübung nimmt beim weiteren langsamen Erwärmen bis auf 80° C. aber nicht mehr bemerkbar zu. Auch beim Aufkochen vermehrt sich das Coagulum nicht.

Die erste vor 45° C. auftretende Gerinnung in den Rhizostoma- und Alcyoniumextracten wird auf denselben Eiweißkörper bezogen werden dürfen, welchem wir schon bei den Spongien und in den Säugermuskeln begegneten. Eine Coagulation bei 56—65° C., welche bei Spongien und Actinien niemals fehlte, wurde von mir bei Rhizostoma und Alcyonium vermißt. Wennschon ich die vollständige Abwesenheit des durch diese Coagulation angezeigten Albuminates für Rhizostoma und Alcyonium nicht behaupten will, so möchte ich aus diesen negativen Ergebnissen doch den Schluß ziehen, daß da, wo diese Gerinnung auftritt (Spongien und Actinien), sie unzweifelhaft einem besonderen Eiweißkörper angehört und nicht der Ausdruck einer verzögerten Gerinnung des größtentheils bei 44—50° C. gerinnenden Albuminates ist. Zu einem analogen Schlusse berechtigt, wie ich glaube, das Ausbleiben einer Trübung in den vierziger Graden bei Sagartia troglodytes und Myxilla rosacea. Die letzte Coagulation, welche in den Auszügen von Rhizostoma und Alcyonium 70° C. wenig überschreitet, weicht von der bei etwa 80° C. eintretenden Gerinnung in den Spongien- und Actinienextracten zu sehr ab, als daß sie auf einen allen Cölenteraten gemeinsamen Eiweißkörper bezogen werden könnte. Der Coagulationspunkt stimmt viel besser mit der bei etwa 75° C. eintretenden Gerinnung im Säugermuskelextracte überein.

Echinodermen.

Holothuria tubulosa. Das Wasserextract der Längsmuskeln unter der lederartigen Decke von Holothuria tubulosa gerinnt bei 45° C. Die Trübung fängt bereits bei 42° C. schwach an

und steigert sich beim weiteren Erwärmen fortwährend aber ganz allmählich. Das Extract war trotz einstündiger Erwärmung auf constant 57° C., trotz starker Abkühlung, stundenlanger Aufbewahrung am dunkelen Orte durch Filtration mittelst sehr dichten Filtrirpapiers nicht klar zu erhalten. Das Filtrat trübte sich bis 70° C. mehr und mehr, und alle Bemühungen bei 60° C., 65° C. und 70° C. durch Filtration eine klare Flüssigkeit zu gewinnen, blieben erfolglos. Gegen 75° C. und bei stärkerem Erwärmen nahm die Gerinnung höchstens noch um ein Minimum zu; die bereits vorhandene Trübung machte deren sicheren Nachweis unmöglich.

Mollusken.

Spondylus gæderopus. Das nicht ganz klare Filtrat des wässerigen Auszuges von den mächtigen Schließmuskeln der Klappmuscheln begann bei circa 37—40° C. sich zu trüben. Schon bei 43° C. hatte die Trübung sehr zugenommen. Es wurde die milchweiße Flüssigkeit bis auf 50° C. erwärmt und auf dieser Temperatur etwa 5 Minuten lang constant erhalten. Der starke, flockige Niederschlag wurde abfiltrirt. Durch wiederholte Filtration gelang es mir, eine fast klare Flüssigkeit zu bekommen. Diese trübte sich ziemlich bedeutend beim fortgesetzten Erwärmen bis auf 60° C., und die Gerinnselbildung nahm bei 65° C. noch erheblich zu. In dem wenig trüben Filtrate des auf 65° C. erwärmten Auszuges steigerte sich die Trübung gegen 70° C. nur mäßig, und das entstandene schwache Coagulum vermehrte sich bei weiterer Erwärmung von 75 auf 100° C. nicht.

Pecten Jacobæus. Das wässerige Extract des nicht weniger mächtig entwickelten Schließmuskels von Pecten Jacobæus ist durch Filtration nicht völlig zu klären. Die Zunahme der Trübung beim Erwärmen markirt sich sehr deutlich bei 42° C. und wird bei 45° C. noch viel bedeutender. Das vollkommen klare Filtrat des bis 50° C. erwärmten Auszuges trübt sich schwach beim

weiteren Erhitzen auf 55° C.; bei 60° C. steigert sich die Trübung noch mehr. Das Filtrat des auf 60° C. erwärmten Auszuges ist wenig getrübt, die Trübung beginnt erst bei 69—73° C. auffälliger zu werden. Bis 100° C. erfolgt keine weitere Coagulation.

Tethys fimbria. In dem Wasserextracte des Hautmuskelschlauches von Tethys fimbria erscheint die erste schwache Trübung bei 44° C., welche bei 48° C. stärker wird. Außer dieser tritt in dem Filtrate des auf 57° C. erwärmten Auszuges eine schärfer abgegrenzte Gerinnung nur noch zu Anfang der siebziger Grade auf; auch zum Sieden gebracht, wird die Menge des Niederschlags nicht größer.

Eledone moschata. Der von dem Hautmuskelschlauche und den Armen der Eledone angefertigte wässerige Auszug trübt sich sehr früh. Schon bei 40° C. beginnt die Gerinnung, welche bis 45° an Intensität stetig wächst. Die auf 50° C. erwärmte Flüssigkeit vermochte ich durch Filtration nicht zu klären; ich erwärmte deßhalb weiter bis auf 60° C., doch auch dann gelang es mir trotz der angewandten Cautelen nicht ein klares, sondern nur ein milchiges Filtrat zu erzielen. Die milchige Beschaffenheit des Extractes wurde bei 65° C. noch intensiver; aber das Filtrat der so weit erwärmten Flüssigkeit besaß noch immer nicht die gewünschte Reinheit. Nach einer Erwärmung auf 71° C., wobei sich das Gerinnsel zunehmend vermehrte, gelang es mir endlich nach sorgfältigem Abkühlen und Filtriren durch äußerst fest gefügtes Papier eine klare Flüssigkeit zu erhalten. Diese gerann abermals bei 75° C.

Würmer.

Lumbricus complanatus. Eine erst unbedeutende Gerinnung bildet sich in dem wässerigen Auszuge des gut gereinigten Hautmuskelschlauches von Lumbricus complanatus bei 45° C. aus; bis 50° C. wird dieselbe stärker, und nachdem die Temperatur

bis auf 51,8° C. gestiegen war, filtrirte ich die ansehnliche Menge des Gerinnsels ab. Schwache Trübungen entstanden bei fortgesetztem Erwärmen auf 60° C. Das ganz klare Filtrat von dem auf 60° C. erhitzten Extracte trübte sich bei 60—65° C. nur wenig; eine scharf ausgeprägte Coagulation bemerkte ich von 65 bis 80° C. nicht mehr.

Die feinen Partikelchen in den erwärmten Wasserauszügen von Mollusken etc., deren Entfernung mir fast stets mißlang, machen bei diesen eine Beurtheilung der Befunde hinsichtlich der die Gerinnungen bedingenden Eiweißsubstanzen geradezu unmöglich. Aus meinen Bestimmungen läßt sich zwar auch auf die Existenz eines zu Anfang der vierziger Grade gerinnenden Albuminates in den Muskeln von Holothuria, Spondylus, Pecten, Tethys, Eledone und Lumbricus schließen, und ebenfalls scheint in den meisten Fällen die Gegenwart eines bei etwa 70° C. coagulirenden Eiweißes verbürgt zu sein; aber was bei den in der nicht weniger als 30 Grade umspannenden Mitte liegt, entzog sich durchaus meiner Wahrnehmung. Günstiger für meine Untersuchungen gestalteten sich die Verhältnisse an den Hummermuskeln.

Krebse.

Homarus vulgaris. Das wässerige Extract der von allen fremden Adhärenzen möglichst gesäuberten Hummermuskeln gerann bei 42° C. Dieser Coagulationspunkt ist ziemlich constant; ich fand ihn nur zwischen 42 und 43° C. variiren. Eine zweite sehr starke Gerinnung stellt sich bei 54—56° C. ein und setzt sich bis etwa 60° C. hin fort. Bei 67° C. scheidet sich aus dem Filtrate des auf 60° C. erhitzten Auszuges ein neues Gerinnsel ab, dessen Menge bei 71° C. noch beträchtlicher wird. Filtrirte ich dieses ab, so entstand zwischen 72 und 75° C. abermals ein Niederschlag, der nicht weniger massenhaft war als die früheren.

Folgende vier sich deutlich gegen einander abgrenzende Co-

agulationen sind demnach im Muskelauszuge vom Hummer nachzuweisen:

I	Gerinnung	bei	42—43° C.
II	„	„	54—56° C.
III	„	„	67—71° C.
IV	„	„	72—75° C.

Diese mit größter Sorgfalt von mir ausgeführten und mit den Muskeln verschiedener Exemplare mehrfach wiederholten Bestimmungen der Coagulationspunkte führen zu Zahlen, welche zu den an Wirbelthieren und Zoophyten gewonnenen schlecht passen. Entsprechende Versuche an anderen Krustern und an Vertretern der übrigen Arthropodenclassen werden zu lehren haben, ob sich die Coïncidenz mit den für den Hummermuskel erlangten Resultaten vielleicht nur auf einige Repräsentanten der Crustaceenclasse erstreckt, oder ob ganze Ordnungen, und Classen des Arthropodentypus durch ihre bei gleichen Temperaturen coagulirenden Albuminate eine Uebereinstimmung bekunden.

Muskeln und elektrisches Organ von Torpedo marmorata.

Die zwischen dem elektrischen Organe und den Muskeln aufgedeckte nahe Verwandtschaft bestimmte mich, die Coagulationspunkte der Wasserextracte beider Organe mit einander zu vergleichen. Als ich auf der k. k. zoologischen Station zu Triest in den Besitz eines kurz zuvor getödteten Zitterrochens kam, bot sich mir Gelegenheit, diese Untersuchung auszuführen.

Bei 40° C. entsteht in dem wässerigen Auszuge des elektrischen Organes von Torpedo marmorata die erste starke Gerinnung. Bevor ich das Gerinnsel abfiltrirte, erwärmte ich bis 50° C. Das klare Filtrat trübte sich, zwar unbedeutend, beim fortgesetzten Erwärmen bis 62° C., so daß eine abermalige Filtration erforderlich war. Bis 72° C. entstand weiterhin ein ansehn-

liches Coagulum. Als dieses aber entfernt war, trat in der Flüssigkeit bei 72—90° C. kein neues Gerinnsel mehr auf. Die letzte Gerinnung (72° C.) scheint, wie ich wiederholten Versuchen entnehme, thatsächlich etwas früher als in den Wasserextracten der Säugermuskeln zu erfolgen.

Der Muskelauszug von Torpedo zeigte ein ganz ähnliches Verhalten; nur war in diesem die erste Gerinnung (bei 40° C.) schwächer als in dem Wasserextracte des elektrischen Organes, und es coagulirte das Muskelextract auch viel stärker bei 45° C. Ueber die Erscheinungen, welche bei höheren Temperaturen auftreten, läßt sich in beiden Versuchsreihen kaum Etwas aussagen, da alle ferneren Gerinnungen wenig präcis erfolgen, und man stets Trübungen in dem durchaus klaren Filtrate bei denselben Temperaturgraden eintreten sieht, auf welche der Auszug längere Zeit erwärmt und abfiltrirt wurde.

II. Prüfung der Muskeln auf Myosin-artige Körper.

Eine Anzahl von Eiweißstoffen theilt die Eigenschaften, löslich in verdünnten Salzlösungen, unlöslich aber in destillirtem Wasser zu sein. In verdünnter Salzsäure sind sie löslich; ihre Lösungen coaguliren in der Wärme.

Zu diesen als Globuline bezeichneten Albuminstoffen gehört das Myosin, welches bekanntlich bei der Todtenstarre der contractilen Substanzen des Wirbelthiermuskels entsteht. Um nachzusehen, ob ein dem Myosin entsprechend sich verhaltender Eiweißkörper auch aus den Muskeln der Evertebraten sich gewinnen läßt, bediente ich mich der gebräuchlichen Methode, indem ich die möglichst rein präparirten Muskeln zerstückelte, das äußerst fein gewiegte Fleisch mit einer ausreichenden, nicht zu großen Menge von 10-procentiger Kochsalzlösung verrieb und das Gemisch 6—10 Stunden in einem kühlen Gewölbe stehen ließ. Zur Con-

trole nahm ich gleichzeitig Extractionen der Muskeln mit Wasser vor und variirte theils den Salzgehalt der so gewonnenen Auszüge, theils behandelte ich die mit Wasser ausgezogenen Muskeln nachträglich mit einer 10-procentigen Kochsalzlösung. Es ergab sich bei diesen Versuchen an den filtrirten, durchaus klaren Flüssigkeiten Folgendes:

Die kräftig entwickelten Schwanz- und Scheerenmuskeln von drei mittelgroßen Hummern wurden sehr fein zerhackt und zur Hälfte mit destillirtem Wasser, zur Hälfte mit einer 10-procentigen Kochsalzlösung extrahirt. In dem Filtrate des wässerigen Auszuges schied sich beim Eintragen einer größeren Menge reinen Kochsalzes kein Eiweißgerinnsel ab; bald zeigte sich aber in dem auf gleiche Weise behandelten 10-procentigen Kochsalzauszuge eine Decke von Eiweißflocken, welche abfiltrirt und theils in verdünnter Salzsäure, theils in 10-procentiger Kochsalz- oder schwacher Sodalösung wieder gelöst wurde. Tropfenweise destillirtem Wasser zugesetzt, trübt sich der 10-procentige Kochsalzauszug. In den Hummermuskeln findet sich also ein myosinartiger Albuminkörper; die davon in den Muskeln enthaltene Menge scheint aber verhältnißmäßig sehr gering zu sein.

Zu ganz gleichen Ergebnissen führten meine Versuche an den Schließmuskeln von Spondylus gæderopus und an den muskulösen Armen der Eledone moschata. Aus den Kochsalzextracten dieser Molluskengewebe schied sich nach Zusatz von festem Kochsalze ein an die Oberfläche steigendes Eiweißcoagulum ab, welches durch Salzsäure, weniger concentrirte Kochsalz- und Sodalösungen wieder zu lösen war. Ein gleiches Gerinnsel ließ sich durch Eintragen von Kochsalz aus völlig klaren, rein wässerigen Auszügen nicht abscheiden. Wurde das kochsalzhaltige Extract in eine Wassersäule geträufelt, so trübte es sich; zwar wurde die Fällung trotz der zu den Versuchen verwendeten großen Quantitäten von Muskelsubstanz nie so bedeutend, als wie

man sie an den regelrecht zubereiteten Kochsalzauszügen der Wirbelthiermuskeln zu sehen gewohnt ist.

In den klaren, 10 % Kochsalz enthaltenden Auszügen von Schwämmen (Chondrosia reniformis, Tethya Lyncureum, Suberites massa) und der Hautmuskeln von Thyone fusus, einer dendrochiroten Holothurie, gab sich kein globulinartiger Albuminstoff, welcher durch Kochsalz im Ueberschuß oder durch destillirtes Wasser unlöslich gemacht wird, zu erkennen; auch gelang mir die Extraction eines derartigen Eiweißes aus den fein zerhackten Schließmuskeln acht großer Exemplare von Pectunculus pilosus nicht.

III. Die Harnsäurebildung bei den Thieren.

Zahlreiche Thierformen und deren Organe sind bereits auf Harnsäure untersucht, bei zahlreichen wurde sie gefunden. Auf Vertreter aller Typen, vieler verschiedener Classen, Ordnungen und Familien sind die Untersuchungen ausgedehnt.

Die leichte Ausführbarkeit der Murexidprobe lud an sich schon bei Erfolg versprechenden Befunden zum Harnsäurenachweis ein, durch den man lange Zeit hindurch den sichersten Anhalt für die Deutung eines Organes als Excretionsorgan zu gewinnen hoffte. Kein Substanznachweis von vergleichend physiologischer Bedeutung wurde — abgesehen von *Fr. Will*'s als durchaus unrichtig erkannten Angaben[1]) des Vorkommens echter Gallenstoffe

[1]) *Will*, *Müller*'s Archiv 1848. S. 502—510. Vgl. hiermit die unter sich übereinstimmenden negativen Befunde aller sorgfältigeren Untersucher. So: *Schlemm, Th. Fr. W.*, De hepate ac bile Crustaceorum et Molluscorum quorundam. Dissertatio. Berolini 1844. S. 36. — *Voit*, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. X, S. 472. — *Hoppe-Seyler*, *Pflüger*'s Archiv Bd. XIV, S. 399. — *Krukenberg*, Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II, S. 18. — *Fredericq*, Bull. de l'Acad. r. de Belgique. Sér. II. T. XLVI. Août 1878. p. 8. — *Sirodot, Plateau, Kölliker* und *Schindler* (Z. f. w. Zool. Bd. XXX, S. 655) vermißten übereinstimmend die echten Gallenstoffe und Gallenpigmente in den *Malpighi*'schen Gefäßen der Insecten.

bei allen von ihm untersuchten Evertebraten: von Vorticellen, Bursarien und Tænien bis zu Krebsen, Insecten, Mollusken und höheren Würmern herauf — an den verschiedensten Species wirbelloser Thiere so vielfach ausgeführt als der der Harnsäure. Mag ein Guaningehalt oft für gewisse Wirbellose mit Unrecht behauptet sein, so kann man Das von den Angaben über das Harnsäurevorkommen, welche sich auf die Murexidprobe stützen — mit Ausnahme von drei bis vier schlechten Beobachtungen —, jedenfalls nicht behaupten.

Es erübrigte nur die sehr verstreuten Mittheilungen zur Verwerthung in meiner Richtung zu sammeln. Aber ich habe mich nicht allein auf die Zusammenfassung beschränkt, sondern bin auch bemüht gewesen, wenigstens die für mich wichtigeren Versuchsergebnisse anderer Forscher nach Kräften experimentell nachzuprüfen, um sie kritisch sichten zu können. Die Tabelle auf S. 17 vereinigt die mir beachtenswerth erscheinenden Resultate früherer Untersucher. Es hätte die Tafel mindestens dreimal länger ausfallen müssen, wenn sie allen Mittheilungen, welche darüber bei Mollusken und Arthropoden gemacht sind, Rechnung tragen sollte. Ich habe schon deßhalb, weil die Literatur über die Harnsäureverbreitung bei diesen Typen bereits von anderer Seite [1]) zusammengefaßt wurde, von einer Vollständigkeit hier ab-

[1]) Literaturangaben, welche in der Tabelle unberücksichtigt geblieben sind, enthalten folgende Werke: *Sirodot*, Recherches sur les sécrétions chez les Insectes. Ann. des scienc. nat. Sér. IV. 1859. T. X, p. 251. — *Fabre*, Étude sur l'instinct et les métamorphoses des Sphégiens. ibid. 4. Sér. T. VI, p. 137 ff. — *Fabre*, Étude sur le rôle du tissu adipeux dans la sécrétion urinaire chez les Insectes. Ibid. Sér. IV. T. XIX, p. 351 ff. — *Heller*, Harnsäure, ein reichliches Excret der Schmetterlinge. Arch. f. Chemie u. Mikroskopie. Wien 1844. S. 132. — *Gmelin*, Handb. der Chemie. Bd. V (Phyto- u. Zoochemie). 1858. S. 426. — *Milne-Edwards*, Leçons sur lá physiol. et l'anat. comp. T. VII, p. 375—392 u. p. 448—451. — *Bronn*, Klassen u. Ordnungen des Thierreichs. — *Plateau*, Recherches sur les phénomènes de la digestion chez les Insectes. Bruxelles 1874. — *Plateau*, Recherches sur les phén. de la

sehen können; außerdem dürfte schon durch die citirten Befunde die Frage in ihren allgemeineren, uns vorerst interessirenden Zügen zum hinreichenden Abschlusse gebracht sein.

So lange wir keine Gründe kennen, welche uns veranlassen anzunehmen, daß ein so wohl charakterisirtes Product der regressiven Stoffmetamorphose, wie es die Harnsäure darstellt, auf verschiedenen Wegen im Organismus entsteht, da wir ferner mit annähernder Gewißheit voraussetzen dürfen, daß die Harnsäure überall da, wo wir sie in der Thierwelt antreffen, nicht von Außen einfach aufgenommen und in einzelnen Organen des Körpers — ähnlich gewissen Metallverbindungen — deponirt ist, so besitzt der Harnsäurenachweis wie alle entsprechenden Untersuchungen über das Auftreten und die Verbreitung typischer Stoffwechselproducte für die vergleichende Physiologie eine eminente Wichtigkeit. Ich halte mich für berechtigt aus der stringenten Beweisführung, daß sich bei Vertretern mehrerer Typen Harnsäure findet, den Schluß zu ziehen, daß allen betreffenden Formen, bei welchen der Harnsäurenachweis gelang, Lebensvorgänge gemeinsam sind, die zu der Bildung von Harnsäure führen, und nicht gewagter dürften die analogen Schlüsse sein, welche von mir aus dem Glycogen-, Hämoglobin-, Cholestearin-, Lecithin-, Nucleïn- etc. Vorkommen gezogen werden. Hierin sehe ich die große Bedeutung, welche der Verbreitung typischer, vom lebendigen Organismus fabricirter Stoffe im Thier- und Pflanzenreiche für uns zukommt. Alle in dieser Hinsicht gefundenen Thatsachen sind nur comparativ verwerthbar; die einzelnen zusammenhangslos gelieferten Beiträge gewinnen erst dann einen Werth, wenn sie zusammengefaßt, wenn sie wissenschaftlich geordnet sind.

Für den Zweck, um dessen Willen der Harnsäurenachweis

---

digestion et sur la structure de l'appareil digestif chez les Myriapodes. Mém. de l'Acad. r. de Belgique T. XLII. 1876. — *Schindler,* Beitr. z. Kenntniß der *Malpighi*'schen Gefäße der Insecten. Z. f. wiss. Zool. Bd. XXX, S. 587—660.

früher vorzugsweise versucht wurde, um nämlich eine neue Waffe zu gewinnen, mit der man die Deutung eines scheinbaren Excretionsorganes vertheidigen oder bekämpfen konnte, sind die Harnsäurebefunde schlecht geeignet; denn erstens ist der Beweis erbracht, daß die Harnsäure keineswegs auf eine der Excretion dienende Drüse oder auf einen Excretbehälter im Vorkommen beschränkt ist, und zweitens könnte man bei Abwesenheit der bekannteren Harnbestandtheile, worauf *Voit* in so überzeugender Weise aufmerksam machte, die Bedeutung des fraglichen Organes als Niere nicht geradezu leugnen; denn es ließe sich denken, daß das stickstoffhaltige Ausscheidungsproduct anderer uns noch unbekannter Natur sei.

Nur von dem bezeichneten Gesichtspunkte aus: Aus der Substanzverbreitung die Identität der zu ihrem Zustandekommen im lebenden Organismus führenden Processe zu erschließen, versuchen wir jetzt die Interpretation der tabellarisch zusammengestellten Harnsäurebefunde in der Thierreihe.

Vorkommen typischer Harnbestandtheile bei Wirbellosen.

Untersuchungsobject.	Organ.	Natur des Excretionsstoffes.	Beobachter.	Literaturnachweis.
		Cölenteraten.		
Actinien.	Mesenterialfilamente.	Guanin.	*V. Carus.*	Syst. d. vergl. Morphologie. 1853. S. 148.
Porpita.	Weißliche Schicht an der Unterseite des Mantels.	Guanin.	*Kölliker.*	Schwimmpolypen von Messina. 1853. S. 63 u. Zeitschr. f. w. Zoolog. Bd. IV, S. 368.
		Echinodermen.		
Asteracanthion rubens u. Solaster papposus.	Mastdarmblindsäcke.	Guanin.	*V. Carus.*	a. a. O., S. 149.

Untersuchungsobject.	Organ.	Natur des Excretionsstoffes.	Beobachter.	Literaturnachweis.
Holothuria pentactes, Cucumaria frondosa.	Cuvier'sches Organ (?) [1]	Guanin.	*V. Carus.*	a. a. O., S. 149.
Holothurien.	Cuvier'sche Schläuche.	Harnsäure fehlt.	*Selenka.*	Z. f. wiss. Zoolog. Bd. XVII. 1867. S. 297.
		Würmer.		
Tænia.	Inhalt des Wassergefäßsystems.	dem Xanthin od. d. Guanin sehr nahe stehende Substanzen.	*Ferd. Sommer.*	Z. f. wiss. Zool. Bd. XXIV. 1874. S. 515.
Distomum hystrix.	Concremente aus dem Canalsystem.	Guanin.	*Lieberkühn.*	Arch. f. Anat. u. Physiol. 1852. S. 561.
		Tunicaten.		
Phallusia.	Drüsenbelag des Darmes.	Harnsäure.	*Lacaze-Duthiers.*	Arch. de Zoolog. expérim. 1874.
Ascidia complanata [2]	Concremente aus der Niere.	Harnsäure.	*Kupffer.*	Arch. f. mikr. Anat. Bd. VIII. S. 379.
		Mollusken.		
Anodonta.	Bojanus'sches Organ.	Guanin.	*Will* und *Gorup-Besanez.*	Gel. Anz. d. bayr. Acad. Nr. 233. 1848. S. 828.
Margaritana margaritifera.	dito.	keine Harnsäure, kein Xanthin, kein Guanin, kein Cystin.	*Voit.*	Z. f. wiss. Zoolog. Bd. X. 1860. S. 477.
Anodonta piscinalis.	Concremente aus dem Bojanus'schen Organ.	Harnsäure fehlt.	*Griesbach.*	Arch. f. Naturg. Jahrg. 43. 1877. S. 92.
Lutraria solenoides.	Bojanus'sches Organ.	Harnsäurekrystalle.	*Lacaze-Duthiers* und *Riche.*	Ann. des sc. nat. Sér. IV. T. IV, p. 312.
Mactra.	Inhalt des Bojanus'schen Organs.	vielleicht Harnstoff, keine Harnsäure.	*Lacaze-Duthiers* und *Riche.*	ibid.
Pectunculus pilosus.	Concremente aus dem Bojanus'schen Organ.	Harnsäure.	*v. Babo* [3].	Siebold's Lehrb. d. vergl. Anat. 1848. S. 283.

[1] *Semper* (Reisen im Archipel der Philippinen. Th. II. Bd. I. 1868. S. 140, Anm. 6) ist es sehr wahrscheinlich, daß nicht die Cuvier'schen Organe, sondern die Wasserlungen von *Carus* geprüft sind.

[2] Bei Molgula macrosiphonica konnte *Kupffer* keine Harnsäure in den Concrementen durch die Murexidprobe nachweisen.

[3] Weder *Voit* (a. a. O. S. 478) noch ich vermochten Harnsäure in den Concretionen aus dem *Bojanus*'schen Organe von Pectunculus pilosus nachzuweisen.

Untersuchungsobject.	Organ.	Natur des Excretionsstoffes.	Beobachter.	Literaturnachweis.
Pinna nobilis.	Concremente aus dem Bojanus'schen Organ.	Harnsäure fehlt.	*Schloßberger.*	Müller's Archiv 1856. S. 540 u. Ann. d. Chem. u. Pharmac. 1856. Bd. 98, S. 356.
Pinna squamosa. Spondylus gæderopus.	dito.	Harnsäure fehlt.	*Krukenberg.*	Unters. a. d. phys. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 412.
Pleurobranchus Meckelii, testudinarius und aculeatus.	Niere.	Harnsäure.	*Riche.*	Ann. des sc. nat. Sér. IV. T. XI. 1859. Nr. 4 u. 5.
Paludina vivipara.	dito.	Harnsäure.	*Scherer* [1].	Z. f. wiss. Zool. Bd. I, S. 181.
Limnæus, Planorbis.	dito.	Harnsäure.	*H. Meckel.*	Müller's Archiv. 1846. S. 14.
Helix pomatia.	dito.	Harnsäure neben Ammoniak und Kalk.	*Jacobson* [2].	Meckel's Archiv Bd. VI. 1820. S. 370 u. Journ. de phys. T. 91, p. 318.
Lungenschnecken.	dito.	Harnsäure.	*Garner.*	Transact. of the Zoolog. Soc. of London. 1841. Vol. II, p. 92.
Nautilus.	vermeintliche Niere.	keine Harnverbindungen.	*W. Blasius* [3].	Bronn's Classen und Ordnungen des Thierreichs. Bd. III, S. 1391.
Sepia officinalis.	Venenanhänge.	Harnsäure.	*E. Harleß* [4].	Arch. f. Naturgesch. Jahrg. I. 1847. S. 1.
Octopus vulgaris [5].	dito.	keine Harnsäure, kein Harnstoff, aber Guanin.	*Fredericq.*	Bull. de l'Acad. de Belgique. 2me Sér. T. XLVI. 1878. Nr. 11. S. 86.

[1]) Im Widerspruch befindlich mit *H. Meckel* (a. a. O.), welcher in der Niere von Paludina vivipara die Harnsäure vermißte. Auch von Paludina impura, Bulimus montanus, Physa fontinalis, Vitrina elongata, Succinia amphibia etc. wurde das Vorkommen von Harnsäure berichtet. Vergl. *Jacobson* a. a. O. und *Th. v. Heßling*, Histol. Beiträge zur Lehre von der Harnabsonderung. Jena 1851.

[2]) Vielfach später bestätigt; vor fast vierzig Jahren schon von *A. Paasch* (*Erichson's* Archiv. Jahrg. IX. 1843. S. 78).

[3]) Zu dem nämlichen Resultate gelangte *Huxley* (Grundz. d. Anat. d. wirbellosen Thiere. Deutsch von *Spengel*. 1878. S. 461).

[4]) *v. Heßling* (a. a. O.), *Bert* (Mém. sur la physiol. de la Seiche. Paris. 1870. S. 59) und ich (a. a. O. S. 412) konnten diese Angabe durchaus bestätigen.

[5]) *v. Heßling* (a. a. O. S. 19–27) fand in den drüsigen Venenanhängen nicht nur von Sepia officinalis, sondern auch von Loligo vulgaris, Octopus vulgaris und von Eledone moschata theils freie, theils in Zellen eingeschlossene rothbraune Körnchen oder größere Concremente, sowie gelbe oder rothe, theils rhombische, theils prismatische Krystalle, die sich durch Behandeln mit Salpetersäure und Ammoniak in Murexid umwandeln ließen.

Unter-suchungs-object.	Organ.	Natur des Excretions-stoffes.	Beobachter.	Literaturnachweis.
		Arthropoden.		
Cyclopsine castor, Chondracanthus gibbosus.	in d. großen Zellen des als Magen oder Chylusdarm bezeichneten vorderen Darmabschnittes.	Harnsäure-concremente.	*Claus.*	Arch. f. Naturgesch. Bd. XXIV. S. 19.
junge Larvenformen gewisser Entomostraken (Cyclops).	im hintersten Darm-abschnitt.	dito.	*Leydig.*	Z. f. wiss. Zoolog. 1854.
Astacus fluviatilis.	Inhalt der „grünen Drüse“.	vielleicht Guanin [1].	*Will* und *Gorup-Besanez.*	a. a. O. S. 825.
Krätzmilben.	Leibeshöhle.	massenhafte Anhäufung v. Harnsäure.	*Leydig.*	Arch. f. Naturgesch. Bd. XXV, S. 351.
Mygale avicularia und Erichsonii.	Malpighi'sche Gefäße.	keine Harnsäure [2].	*Wasmann.*	Abh. d. naturw. Vereins zu Hamburg. 1846.
Epeira diadema.	Excremente.	Guanin.	*Will* und *Gorup-Besanez.*	a. a. O. 828.
Tegeneria domestica und andere Arachniden.	dito.	Guanin.	*Fél. Plateau.*	Rech. sur la struct. de l'app. dig. chez les Aranéides dipneumones. Bruxelles. 1877. S. 134.
Scorpio.	dito.	Guanin.	*J. Davy.*	Transact. of the R. Soc. of Edinburgh 1857. T. XXI, p. 547.
Scolopendra morsitans.	dito.	Harnsäure.	*J. Davy.*	Edinburgh Philos. Journ. 1848. T. XLIV, „ p. 383.
Julus terrestris.	Fettkörper.	Harnsäure-concremente.	*Leydig.*	Arch. f. Naturgesch. Bd. XXV, S. 352.
Periplaneta orientalis.	Malpighi'sche Gefäße.	Harnsäure.	*Brücke.*	Ber. d. Wiener Acad. Bd. XXXIII. Nr. 25. 1858. S. 255.
Lepisma, Acheta camp., Perla bicaud., Libellula flavescens, Dromius, Phryganea flavicornis und reticulata.	Malpighi'sche Gefäße.	Harnsäure.	*E. Schindler.*	Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXX. S 587-660.

[1]) Nach *H. Dohrn* (Analecta ad hist. nat. Astaci fluviatilis. Dissertatio. Berolini. 1861) ist das Product kein Guanin, sondern mehr ein dem Tyrosin verwandter Körper.

[2]) Die Excremente von Mygale enthalten nach *Siebold* (a. a. O., Bd. II, S. 525) Harnsäure.

Untersuchungsobject.	Organ.	Natur des Excretionsstoffes.	Beobachter.	Literaturnachweis.
Locusta viridissima, Decticus verrucivorus, Menopon pallidum.	Fettkörper.	Harnsäure.	*Leydig.*	Arch. f. Naturg. Bd. XXV. S. 352.
Polistes gallica.	dito.	Leucin.	*Audouin.*	Ann. d. sc. nat. 2e Sér. T. V, p. 229.
Sphex und andere Hymenopteren.	Fettkörper.	Harnsäure.	*Fabre.*	Ann. des scienc. nat. Sér. IV. 1856. T. VI, p. 168.
Raupen [1].	Malpighi'sche Gefäße.	harnsaure Salze, keine Hippursäure.	*Kölliker.*	Verh. d. med.-phys. Ges. zu Würzburg. Bd. VIII, S. 225.
Hyponomenta evonymella.	dito.	saures harns. Natr., s. harns. Ammon., Leucin u. oxals. Calc.?	*Kölliker.*	a. a. O.
Bombyx mori.	dito.	harnsaures Ammon.	*Brugnatelli* und *Würzer.*	Meckel's Arch. f. Physiol. Bd. II. 1816. p. 629. Giornale di fisica etc. Bd. VIII. 1815. S. 42. Meckel's Arch. Bd. IV. 1818. S. 213—215 [1].
Raupe von Sphinx ligustri.	dito.	Hippursäure.	*Verloren.*	v. d. Hœven, Zoologie I. 1850. S. 245.
Sphinx pinastri.	dito.	Leucin.	*Kölliker.*	Verh. d. med.-phys. Ges. zu Würzburg. Bd. VIII. 1857. S. 225.
Blaps obtusa.	dito.	Harnsäure.	*Hornung* und *Bley.*	Journ. f. pract. Chemie. 1835. Bd. VI, S. 257.
Lampyris splendidula.	Leuchtorgan.	Harnsäurekrystalle.	*Kölliker.*	a. a. O. u. Ber. d. Berliner Acad. 1857. S. 392.
Lampyris splendidula.	Fettkörper.	Harnsäure.	*Leydig.*	Arch. f. Naturg. Bd. XXV. S. 352.
Dytiscus.	dito.	Harnsäure u. Hippursäure.	*Sirodot.*	Ann. des scienc. nat. Sér. IV. 1859. T. X, p. 251.
Melolontha, Lucanus [2], Polistes.	Malpighi'sche Gefäße.	Harnsäure.	*Chevreul.*	Strauß, Considérations générales sur les animaux articulés. 1828. p. 251.

[1] Ueber das Fehlen von Harnsäure in den *Malpighi*'schen Gefäßen der Eichenspinnerraupe vergl. *Schloßberger*, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1857. S. 61.

[2] In Steinchen, welche Mr. *Aubé* in den *Malpighi*'schen Gefäßen von Lucanus cervus gefunden hatte, wies auch *Audouin* (Ann. des sc. nat. 2e Sér. T. V. 1836. S. 129) Harnsäure nach.

Es wurden bislang nicht alle Classen der Zoophyten in den Kreis der Untersuchung hineingezogen. Es fehlen z. B. die Versuche über das Harnsäurevorkommen bei den Spongien, welche zuerst ich darauf untersuchen konnte. Ich trennte die lebenden Gewebselemente von den fibrösen Gerüstsubstanzen, zog aus ersteren durch Behandlung mit viel salzsäurehaltigem Wasser die löslichen Stoffe aus, filtrirte den Rückstand ab und prüfte ihn auf Harnsäure. Die Murexidprobe [1]) gelang mit keinem in dieser Weise angefertigten Spongienpräparate. Myxilla fasciculata, Tethya Lyncureum und Euspongia adriatica gelangten zur Untersuchung.

Ebensowenig wie bei den Spongien vermochte ich in den durch Alkohol gehärteten Mesenterialfilamenten der Actinien (Actinia mesembryanthemum, Sagartia troglodytes und Cerianthus) Harnsäure nachzuweisen, welche nach *Carus* Guanin enthalten sollen.

Von Echinodermen prüfte ich an guten Alkoholconserven die Leber (die radialen Anhänge des Darmes) von Ophioglypha tecturata, die Leber, den Darm und seine beiden interradialen Blindsäcke von Astropecten aurantiacus: Körpertheile, in welchen mir das Vorkommen von Harnsäure am wahrscheinlichsten war; aber ich vermißte sie auch hier [2]).

Sehr beachtenswerth sind die Angaben von *Kupffer* und *Lacaze-Duthiers* über das Harnsäurevorkommen bei Tunicaten. Ich finde sie als constantes, durch die Murexidprobe leicht und schön nachzuweisendes Product der als Nieren angesprochenen drüsigen Darmanhänge bei Phallusia mentula. Ich habe die Darmdrüsen von sechs verschiedenen Exemplaren auf Harnsäure

---

[1]) Ueber die Ausführung derselben vergl. eine frühere Arbeit in Unters. a. d. phys. Inst. der Univ. Heidelberg. Bd. II, S. 443.

[2]) Schon *J. Müller* und *Troschel* (System der Asteriden. S. 132) vermißten die Harnsäure in den Mastdarmblindsäcken der Asterien.

geprüft und sie bei allen sicher nachweisen können. Vermißt wurde sie von mir aber stets in den drüsigen Gebilden am Darme von Ciona canina und Cynthia microcosmus, auch bei Phallusia fumigata gelang mir ihr Nachweis nicht. Die Harnsäure scheint demnach nur bei einzelnen Tunicatenformen als Excretionsproduct aufzutreten.

Ganz ähnliche Verhältnisse treffen wir bei den Mollusken an. Der erste Nachweis des Harnsäurevorkommens bei Mollusken wurde 1820 von *Jacobson* für Helix pomatia geführt; alle späteren Experimentatoren (*Paasch*, *Meckel* etc.) haben die Richtigkeit seiner Mittheilung, welche auch ich verbürgen kann, bestätigt. Außer bei Helix pomatia fand ich Harnsäure in der sog. Niere von Helix nemoralis und hortensis. Bei Arion ater scheint sie regelmäßig zu fehlen; sieben Individuen prüfte ich darauf vergeblich.

Viel weniger verbreitet als bei den Gastropoden dürfte die Harnsäure bei den Acephalen sein. Der Inhalt des sog. *Bojanus*'schen Organes ist mehrfach auf Harnsäure geprüft, und einige Forscher wollen darin thatsächlich Harnsäure angetroffen haben. So gibt *Siebold* an, die Concremente aus dem *Bojanus*'schen Organe von Pectunculus pilosus, welche, wie ich bemerken will, sich wegen ihrer Größe [1]) zur chemischen Analyse ganz besonders eignen, enthielten (nach der von *Babo* ausgeführten Murexidprobe zu urtheilen) Harnsäure. Weder *Voit* noch ich fanden diese Angabe bestätigt. Ich habe ferner in den Concrementen aus den *Bojanus*'schen Organen oder in diesen selbst von einer Anzahl anderer Muscheln (Pinna squamosa, Spondylus gaederopus, Mactra lactea, Ostrea lamellosa, Tapes decussata, Mytilus edu-

---

[1]) Bei einigen Exemplaren von Pectunculus pilosus traf ich im *Bojanus*'schen Organe ganz besonders große und dabei sehr viele Steine an. Einzelne hatten Linsengröße; alle bestanden aber fast nur aus phosphorsaurem Kalk und enthielten sehr wenig organische (eiweißartige) Substanz.

lis, Pecten Jacobæus) mittelst der Murexidprobe niemals Harnsäure nachzuweisen vermocht. *Schloßberger* (Pinna nobilis), *Voit* (Anodonta margaritifera), *Griesbach* (Anodonta piscinalis) u. A. gelangten zu demselben negativen Ergebnisse. Nur *Lacaze-Duthiers* berichtete — und belegte seine Angaben durch Abbildungen, welche an der Harnsäurenatur der von ihm aufgefundenen Krystalle nicht zu zweifeln erlauben, — daß sich im *Bojanus*'schen Organe von Lutraria solenoides Harnsäure findet. Meines Erachtens ist diese von *Lacaze-Duthiers* gefundene Thatsache gegenwärtig die einzige, durch welche das Harnsäurevorkommen in dem *Bojanus*'schen Organe und bei Acephalen überhaupt verbürgt wird.

Poli, dem die Wissenschaft außer vielen Entdeckungen so manche scharfsinnige Idee verdankt, sprach die Ansicht aus, jenes von *Bojanus* für Lunge, von *Treviranus* anfangs für Schwimmblase, von Anderen (*Jacobson*, *Baer*, *G. Carus*, *Oken* etc.) für eine Niere erklärte Organ möchte als Kalk- und Schalendrüse functioniren. Er sah darin einen Speicher für die anorganischen Salze, welche beim Wachsthum der Schale Verwendung finden. Diese Auffassung ist, zwar ohne widerlegt zu sein, heute wohl allgemein verlassen.

An anderer Stelle[1]) ist bereits auf die merkwürdigen Ergebnisse einer Analyse aufmerksam gemacht, welche ich an den Concretionen aus dem *Bojanus*'schen Organe von Pinna squamosa ausgeführt habe. Es hatte sich bei Abwesenheit von Eisen ein reicher Mangangehalt derselben feststellen lassen. Von diesem Sachverhalte konnte ich mich bei meinem letzten Aufenthalte zu Triest an Steckmuscheln, welche in nächster Umgebung der k. k. zoologischen Station gefischt waren, während die zu meinen

---

[1]) *Krukenberg*, Mangan ohne nachweisbare Mengen von Eisen in den Concrementen aus dem *Bojanus*'schen Organ von Pinna squamosa. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II, S. 287.

früheren Versuchen verwendeten zweifellos aus der Nähe von Zaole (einem 1½—2 Stunden entfernten Punkte) stammten, abermals überzeugen und habe Gelegenheit genommen, mehreren Chemikern — unter anderen Herrn Professor *Aug. Vierthaler* und Herrn Director *Alb. Perugia* — den Manganreichthum der Concretionen bei völligem Eisenmangel experimentell zu demonstriren. Ich neige deßhalb zu der Annahme, daß der auffällige Mangangehalt und das Fehlen des Eisens in den Concrementen aus dem *Bojanus*'schen Organe von Pinna squamosa kein sporadisches, locales oder individuelles, sondern ein für diese Species ganz typisches Auftreten ist.

Es ist selbstverständlich, daß wenn wir, wie *Poli* meint, in diesen Concrementen das Baumaterial für die Schalen zu erblicken haben, wir in diesen dieselben chemischen Elemente antreffen müssen, aus welchen jene bestehen. Ich habe aus diesem Grunde die verschiedenen Schichten der Schalen, früherer wie späterer Herkunft auf ihren Mangangehalt geprüft, in keiner aber nach den üblichen Methoden (Phosphorsalzperle, Salpeter- und Sodahaltige Schmelze) auch nur Spuren von Mangan nachzuweisen vermocht. Wir können diese Steinchen deßhalb kaum als Reservestoffe für den Schalenaufbau ansprechen, ihre Bedeutung wird unzweifelhaft eine andere sein.

Aehnliche Concretionen, reich an anorganischen Salzen und wohl von derselben physiologischen Bedeutung finden sich auch in den tieferen Gewebslagen bei Cestoden. *Pagenstecher*[1]) sah diese sog. Kalkkörperchen bei Arhynchotænia critica „in den sackartigen aus fadigen Canälen hervorgehenden Erweiterungen der Enden des Wassergefäßsystems“ liegen. Alle anatomischen Untersuchungen über den Bau des *Bojanus*'schen Organes

---

1) *Pagenstecher*, Zur Naturgesch. der Cestoden. Zeitschr. f. w. Zool. Bd. XXX, S. 176.

der Bivalven weisen ebenfalls darauf hin, ihre Concremente als Producte der regressiven Stoffmetamorphose, die zur Ausscheidung bestimmt sind, aufzufassen.

Ich kann mir aber nicht wohl vorstellen, wie einfache Excretstoffe unter normalen Verhältnissen solche zum Caliber der Ausführungsgänge ganz unverhältnißmäßig große Dimensionen (z. B. bei Pectunculus pilosus) annehmen, wie sie in so sehr verschiedener Größe auftreten können, wie sie ferner im Excretbehälter die Zeit finden durch Anbildung neuer concentrischer Lagen so beträchtlich zu wachsen statt als feinerer Gries, als kleinere Körperchen ausgeschieden zu werden. Die reiche Blutversorgung der *Bojanus*'schen Drüse scheint mir an sich schon darauf hinzuweisen, daß ein inniger Zusammenhang zwischen ihren Concretionen und dem Blute besteht. In Berücksichtigung, daß bei vielen Mollusken die Säurebildung in den Darmdrüsen etwas viel Allgemeineres als bei den Wirbelthieren ist, daß bei diesen im Dünndarme die anorganischen Bestandtheile der alkalischen und sauren Secrete als Salze, bei jenen hingegen oft freie Säure enthaltende Drüsensecrete der Resorption unterliegen, wird die von *Poli* gegebene Erklärung der Concretionen als Reservestoffe nicht ganz von der Hand zu weisen sein. Hat man in ihnen auch nicht das Material zur Vergrößerung der Schalen zu erblicken, so könnten sie doch Anhäufungen von Substanzen vorstellen, welche den Geweben des Organismus zu ihrem Leben unumgänglich nothwendig sind, welche aufgespeichert werden, um in einer bestimmten Lebensphase wieder zu verschwinden. Es ließe sich denken, daß sie einer übermäßigen, für das Zellenleben schädlichen Säureansammlung im Organismus entgegenwirken, indem sie diese — bei ihrer leichten Zersetzbarkeit in sauren Lösungen — zu binden vermögen.

Der Organismus der höheren Thiere befindet sich bekanntlich unter einer besonderen Alkaliwirkung; fehlt die nöthige Al-

kalescenz, so gehen die Thiere zu Grunde. Nach *Voit*'s und meinen Versuchen ist auch bei den Mollusken die Reaction der sog. edeleren Organe mehr oder weniger alkalisch, und ein schwacher Säuregrad bringt sie zum Gerinnen. Bei den höheren Thieren findet sich „die größte Menge der Alkalien in der Lymphe und im Blute vor, und wir müssen das Letztere gewissermaßen als Reservoir und als Quelle für die Alkalien aller übrigen Organe ansehen“ [1]). Aber bei gewissen Säugern (Hund und ebenso verhält sich vielleicht auch der Mensch) existirt nach *Walter* eine besondere Vorkehrung, welche den Organismus einer Säurewirkung gegenüber gleichsam immun macht. Das fixe Alkali des Blutes wird hier durch Ammoniak, welches vielleicht normal in Harnstoff übergeht, vor einer Neutralisation durch zugeführte Säure geschützt, und es wächst in Folge dessen bei Säurezufuhr nur der Salmiakgehalt des Harnes. Ich neige zu der Ansicht, daß den Concrementen in der *Bojanus*'schen Drüse der Bivalven und den sog. Kalkkörperchen der Cestoden auch eine ähnliche functionelle Bedeutung zukommt, welche wir nach *Walter*'s wichtigen Untersuchungen den Ammoniumsalzen für den Organismus des Hundes zugestehen müssen.

Bei den Cephalopoden scheint die Harnsäure ebenso wie bei den Pulmonaten nur auf einzelne Species im Vorkommen beschränkt zu sein. Sie ist in den Venenanhängen von Sepia officinalis durch die Murexidprobe leicht nachzuweisen, wurde aber bei Sepiola Rondeletii, Loligo vulgaris, Octopus vulgaris und Nautilus von mehreren Forschern vermißt.

Eine große Verbreitung besitzt die Harnsäure bei den Arthropoden. Unter diesen ist ihr Vorkommen nur bei den Spinnen und Krebsen mir zweifelhaft. Verschiedene Spinnen sind von

---

[1]) *Fr. Walter*, Unters. über die Wirkung der Säuren auf den thier. Organismus. Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. VII, S. 149.

Plateau mit durchaus negativem Erfolge auf Harnsäure gründlich untersucht. Mit Krebsexcrementen wurde, soviel mir bekannt ist, die Murexidprobe noch nicht erhalten; die Angaben über das Harnsäurevorkommen scheinen sich nur auf mikroskopische Befunde zu gründen. An Excrementen von Oniscus asellus glückte mir die Harnsäurereaction nicht, und auch in den durch Alkohol gehärteten Lebern mehrerer Krebse (Pagurus maculatus, Eriphia spinifrons, Maja squinado und verrucosa, Homarus vulgaris) vermochte ich Harnsäure nicht nachzuweisen.

Der umfangreichen Literatur über das Harnsäurevorkommen bei Insecten[1]) möchte ich nur wenige Ergebnisse meiner Studien hinzufügen.

Bei Osmoderma eremita fand ich das Lumen des Darmes in mehr als $^2/_3$ seiner Länge mit einem weißen Harnsäurebrei angefüllt. Obgleich eine Füllung des Darmrohres mit dem gleichfalls viel Harnsäure enthaltenden Excrete der *Malpighi*'schen Gefäße durch die Antiperistaltik des Darmes[2]) nicht ausgeschlossen

---

[1]) Eine große Anzahl von Insecten habe ich auf Harnsäure geprüft und bei den meisten Species sie gefunden. So z. B. bei Calosoma sycophanta, Buprestis biguttatus, Cantharis rustica, Copris lunaris, Osmoderma eremita, Cetonia fastuosa, Staphylinus erythropterus, Blaps mortisaga, Tenebrio molitor, Necrophorus germanicus, Hamaticheros heros, Cerambyx cerdo, Aromia moschata, Lamia textor, Saperda carcharias, Lema merdigera, Coccionella septem-punctata, Chrysomela cerealis etc. Sie fehlte bei Apis mellifica. Ich konnte sie ferner nachweisen bei den Raupen von Sphinx populi und ligustri, Zygæna filipendulae, Cossus ligniperda, Dasychira pudibunda und bei folgenden Imagines: Zygæna filipendulae, Zerene grossulariata, Vanessa polychloros und Atalanta, Papilio Machaon etc. Ich vermißte die Harnsäure sowohl in den Fäcalmassen als den Enddarmdrüsen bei Tetrix bipunctata, Locusta viridissima und anderen Orthopteren.

[2]) Die antiperistaltischen Bewegungen am Raupendarme (Sphinx Euphorbiae, Galii u. A.) waren schon *J. R. Rengger* (Physiol. Unters. über die thierische Haushaltung der Insecten. Tübingen 1817. S. 13) bekannt.

ist, so weist dieser Befund doch vielleicht mehr darauf hin, daß die innere Darmoberfläche bei diesem Käfer (ähnlich wie es *Fabre* von mehreren anderen Insecten als wahrscheinlich annimmt) die Ausscheidung der Harnsäure mitbesorgt. *Moseley*'s Beobachtung[1]), daß injicirtes Indigcarmin (ebenso wie bei Blatta orientalis nach einer Stunde durch die *Malpighi*'schen Röhrchen) bei Hydrophilus piceus durch die einfachen Drüsen des Darmcanales ausgeschieden wird, läßt sich auch für diese Ansicht verwerthen.

Es ist, wie *Heller* bereits für die Lepidopteren hervorgehoben hat, die Harnsäuremenge bei einigen Insecten eine verhältnißmäßig sehr bedeutende. Den Enddarm von Euprepia caja fand ich durch den breiigen Harnsäureinhalt prall gespannt, und wie fast alle Gewebe verschiedener Plagiostomen mit Harnstofflösung getränkt sind *(Städeler, M. Schultze)*, die Puppe von Musca lucilia einen wahren Glycogensack darstellt *(Bernard)*, so ist bei Lampyris splendidula kaum ein Gewebe frei von Harnsäure. In dem Leuchtorgane, dem Darme, dem Fettkörper, den Muskeln, in den nicht ausgetragenen Eiern[2]) etc., ja selbst in dem violetten Flecke, welcher unterhalb des Kopf- und Thoracaltheiles durch seine Färbung hervorsticht, konnte ich durch die Murexidprobe die Harnsäure regelmäßig zweifellos nachweisen. Bei einigen Raupen und Afterraupen (z. B. Cimbex variabilis) vermißte ich hingegen die Harnsäure; ohne aber jemals so glücklich gewesen zu sein eine Species zu finden, bei welcher sie im Fettkörper vorkam, in den *Malpighi*'schen Gefäßen oder im Darme dagegen fehlte.

Wie das Hämoglobin bei Vertretern verschiedener Typen auftritt, das Tyrosin nicht nur bei Thieren ein und desselben Typus angetroffen wird, und die gerinnungsfähigen Eiweißsubstanzen,

---

[1]) *Moseley*, Ein Verfahren um die Blutgefäße der Coleopteren zu injiciren. Arb. a. d. physiol. Anstalt zu Leipzig. Jahrg. VI. 1871. S. 61.

[2]) Nach *Jousset* (Compt. rend. 4 Sept. 1871) sollen auch die Eier von Lampyris splendidula dauernd phosphoresciren.

soweit es Muskelcontractionen gibt, eine Verwandtschaft bekunden, so ist auch die Harnsäurebildung nicht das Eigenthum eines Typus, sondern findet sich bei Wirbelthieren, Arthropoden, Mollusken und Tunicaten ohne constantes Product bei allen Thieren eines Typus, ja ohne constant bei den einzelnen Arten von nur einer Familie zu sein. Aber trotz aller Schwankungen läßt sich eine gewisse Uebereinstimmung, eine Zusammengehörigkeit der durch ihre Organisation verwandten Arten doch erkennen. Bei keinem Zoophyten, keinem Echinodermen, keinem Wurme wurde Harnsäure aufgefunden; sie ist wahrscheinlich auf Wirbelthiere, Arthropoden und Mollusken in ihrem Vorkommen beschränkt. In der Classe der Vögel, Reptilien und Insecten ist sie am verbreitetsten, in den übrigen Classen der Arthropoden und der Wirbelthiere tritt sie meistens den anderen Excretionsproducten gegenüber zurück oder fehlt ganz. Unter den Mollusken scheidet, so viel wir z. Z. wissen, die Minderzahl Harnsäure aus; die Harnsäure tritt hier bei Repräsentanten aller Classen auf, scheint aber bei der größten Mehrzahl der Molluskenformen zu fehlen oder nur in unbedeutender Quantität in den Excreten enthalten zu sein.

IV. Beiträge zur Kenntniss der Verbreitung des Harnstoffs und der Amidosäuren bei Wirbellosen.

In dem Schließmuskel der Auster (Ostrea edulis), in den Muskeln der Cephalopoden wurde das Taurin von *Frémy* und *Valenciennes* bereits nachgewiesen. Der Reichthum dieser Molluskenmuskeln an Taurin hat die Entdecker nicht mit Unrecht in Erstaunen versetzt.

Extrahirt man die fein zerhackten Schließmuskeln von Pinna squamosa, Arca Noae, Spondylus gæderopus, Pectunculus pilosus, Pecten Jacobæus u. A. mit siedendem

Wasser, so genügt das einfache Abdampfen, um einen mit Taurinkrystallen dicht durchsetzten Brei zu erhalten. Die für das Taurin so charakteristischen mehrspitzigen Krystallnadeln sind die gewöhnlichsten Formen, welche man auf diese Weise erzielt. Durch Behandlung des eingedampften Muskelauszuges von Pectunculus pilosus mit Aether, in welchem das Taurin unlöslich ist, erhielt ich die Krystalle sehr rein und überzeugte mich durch die Schmelze mit schwefelsäurefreier Soda und schwefelsäurefreiem Salpeter von ihrem großen Schwefelgehalte. Die Krystallnadeln erwiesen sich ferner als unlöslich in absolutem Alkohol und lösten sich in Salpetersäure, aus der sie sich allmählich in Form sechsseitiger, rhombischer Prismen abschieden. Es kann somit kein Zweifel bestehen, daß wir wirklich hier Taurin vor uns haben. Nach derselben einfachen Methode gelang es mir in den Muskeln von Murex trunculus, Doriopsis limbata und Cassidaria echinophora gleichfalls das Taurin nachzuweisen. Ein zu bedeutender Kochsalzgehalt des wässerigen Auszuges von dem Hautmuskelschlauche der Tethys fimbria gestattete mir den sicheren Nachweis des Taurins bei dieser Species nicht.

Aber nicht allein aus Muskeln, sondern auch aus den Lebern mehrerer Mollusken konnte ich das Taurin abscheiden. Ich kochte zu diesem Zwecke die fein zertheilten Lebern mit Wasser aus, filtrirte die Auszüge, dampfte die Filtrate auf dem Wasserbade ein und entzog dem Rückstande die in absolutem Alkohol löslichen Stoffe. Es blieb in diesen Fällen (meist nadelförmig ausgeschiedenes) Taurin zurück, als welches sich die langen Spieße weiterhin durch ihr Verhalten gegen Mineralsäuren und Aether documentirten. In allen auf Taurin untersuchten Molluskenlebern (Doriopsis limbata, Turbo rugosus, Cassidaria echinophora, Mytilus gallo-provincialis, Ostrea lamellosa) fand ich größere (Turbo, Doriopsis) oder geringere (Mytilus) Mengen davon.

Es ist nicht unwahrscheinlich, daß das Taurin, welches bei Mollusken eine so große Verbreitung besitzt und ihre Gewebe verhältnißmäßig oft so massenhaft erfüllt, weiterhin im Organismus in Schwefelsäure übergeht, von welcher Secrete bei einigen Arten (Dolium, Cassidaria etc.) mehr als 4 % enthalten.

Um die Lebern der Mollusken auf Harnstoff prüfen zu können, zog ich sie mit Alkohol aus, filtrirte, dampfte das Filtrat auf dem Wasserbade zur Trockne ein und unterwarf den Rückstand der mikroskopischen Untersuchung. Das aus den Lebern von Arca Noae gewonnene Extract stellte einen förmlichen Krystallbrei dar; daß es vorwiegend Harnstoff war, welcher sich in ihm ausgeschieden hatte, ergab sich aus folgenden Reactionen. Die langen, vierseitigen, an ihren Enden durch je eine oder zwei Flächen abgeschlossenen Säulen lösten sich leicht in Wasser und in Alkohol, waren dagegen in Aether unlöslich. Die mit Salpetersäure vorsichtig eingedampfte, wässerige Lösung hinterließ salpetersauren Harnstoff in Form hexagonaler Tafeln, welche stellenweise miteinander verbunden waren; bei stärkerem Erwärmen über freier Flamme zerlegten sich die Krystalle.

Schon zu einer Zeit, wo mir nur wenige Ergebnisse über die Verdauungsvorgänge bei Mollusken und Arthropoden vorlagen, hielt ich es für rathsam, die von mir gehegte Vermuthung: es möchten das Nieren- und Lebergewebe bei manchen Wirbellosen nicht den Grad von Selbständigkeit erlangt haben, welcher seinen Ausdruck in einer anatomischen Gliederung findet, — nicht zu verschweigen. Ich habe nicht unterlassen, hervorzuheben, daß Functionen, welche durchweg das Lebergewebe charakterisiren, auch von typischen Excretionsapparaten mitversehen werden können, und glaubte ganz besonders davor warnen zu müssen, die an Wirbelthieren gemachten Errungenschaften morphologischer und physiologischer Forschung ohne Weiteres in der Physiologie der Secretionsprocesse bei den Wirbellosen zu verwerthen. Der reiche

Harnstoffgehalt der Leber bei Arca Noae, die Abwesenheit bekannter typischer, organischer Harnbestandtheile in fast allen daraufhin untersuchten *Bojanus*'schen Organen der Bivalven, die von mir bereits früher angestellten Betrachtungen über die mögliche physiologische Bedeutung der Concremente in diesen, sowie mehrere Befunde bei nahestehenden Classen (Tunicaten) machen es mir jetzt mehr als wahrscheinlich, daß bei manchen Bivalven die Leber mit größerem Rechte als das *Bojanus*'sche Organ der Niere höherer Thiere zu analogisiren ist. Bislang wenig beachtete physiologische Daten erklären uns, wie Wirbellose mit Organen combinirter Function sich zu erhalten und mit einer, selbst von Wirbelthieren unübertroffenen Vollkommenheit alle den Forderungen zu genügen vermögen, welche an das harmonische Zusammenwirken aller Theile gestellt werden, damit der Fortbestand des Lebens und die Entwicklung des Ganzen gesichert ist. Eine Periodicität der Secretbildung und ähnliche, von den der Physiologie der Wirbelthiere entlehnten Anschauungen abweichende functionelle Verhältnisse können die Differenzirung einer Drüse in Leber, Pankreas, Magendrüsen, Nieren etc. für den lebenden Organismus völlig entbehrlich und uns nicht weniger verständlich erscheinen lassen, als der Mangel einer für den betreffenden Organismus nutzlosen Wärmeregulation und bedeutenderer periodischer Schwankungen in den Arbeitsleistungen einzelner Organe — welche, wie *Mosso*'s Versuche so überzeugend beweisen, die Blutmasse in den einzelnen Körpertheilen der Wirbelthiere nach Bedarf ebbeartig fallen und fluthartig anschwellen lassen — uns den Bestand des Lebens bei einer lacunäre Bahnen langsam durchrieselnden Ernährungsflüssigkeit erklärlich macht.

In dem alkoholischen Leberextracte von Turbo rugosus und Mytilus gallo-provincialis waren gleichfalls geringe Mengen von Harnstoff mittelst des Mikroskopes und durch die an-

gegebenen Reactionen nachzuweisen. Der alkoholische Auszug der Lebern von Doriopsis limbata enthielt außer Spuren von Harnstoff Massen mit fettähnlichem Glanz, mit meist deutlich doppelten Contouren und von rundlicher, nieren-, schlingen- oder kolbenartiger Gestalt. Durch Jod wurden diese Ausscheidungen schwach gebräunt, durch concentrirte Schwefelsäure röthlich gefärbt, lösten sich in Aether und gleichen nach diesen Reactionen den Myelintropfen *Virchow*'s.

Der eingedickte, weingeistige Auszug der Darmdrüsen von Phallusia fumigata ließ u. d. M. einen bedeutenden Leucingehalt erkennen. Theils in kleinen Kugeln und Knollen, theils in gehäuften, kugligen Massen, wobei nicht selten einer größeren Kugel kleinere Kügelchen unter Abplattung in Mehrzahl aufsaßen, hatte sich das Leucin ausgeschieden. Die Sphäroïde zeigten meist eine radiale Streifung oder einen Aufbau aus radiär angeordneten Plättchen und besaßen ein ziemlich schwaches Lichtbrechungsvermögen. Sie lösten sich leicht in Natronlauge, heißem Wasser und unterschieden sich dadurch, sowie durch die anderen üblichen Reactionen von den harnsauren Salzen und dem Tyrosin. Außerdem enthielt der Verdampfungsrückstand prismatische Krystalle, welche mir Harnstoff zu sein schienen.

Weder der mikroskopische, noch der chemische Nachweis des Taurins gelang mir mit dem wässerigen Auszuge der Hummerlebern; dieser erwies sich wie das alkoholische Extract auch frei von Harnstoff. Die Hummermuskeln sind durch ihren großen Tyrosingehalt ausgezeichnet. Das Tyrosin hatte sich in feinen Nadeln, welche aber größtentheils garbenartig angeordnete Gruppen bildeten, ausgeschieden. Durch Behandlung mit Wasser und Alkohol, in welchen das Tyrosin schwer- oder unlöslich ist, reinigte ich die Krystallnadeln von den übrigen Extractivstoffen und erhielt damit die *Piria*'sche Tyrosinreaction. Spärlich finden sich in dem eingedickten, alkoholischen Auszuge der Hummermuskeln

auch durchsichtige Prismen, welche nach ihrer Krystallform, ihrem Verhalten zu Salpetersäure und ihren Löslichkeitsverhältnissen in Wasser, Alkohol und Aether wohl als Harnstoff angesprochen werden dürfen. Während in dem wässerigen Auszuge der Darmdrüsen von Phallusia fumigata Leucin gefunden, das Tyrosin von mir vermißt wurde, vermochte ich umgekehrt in dem gleichermaßen dargestellten Extracte der Hummermuskeln nur Tyrosin, kein Leucin mittelst des Mikroskopes und auf chemischem Wege nachzuweisen. Ich behandelte noch besonders, weil mir ein Leucingehalt der Hummermuskeln sehr wahrscheinlich war, den eingedampften wässerigen Auszug mit siedendem Alkohol, filtrirte und dampfte das Filtrat, welches das Leucin enthalten mußte, auf dem Wasserbade ab. Aber auch in diesem Rückstande ließ sich mikroskopisch kein Leucin erkennen.

Der zur Glycogengewinnung durch Auskochen dargestellte wässerige, mit Alkohol gefällte Auszug der Eledonemuskeln war von weißen, kuglig aggregirten Krystallnadeln durchsetzt, welche sich beim Erwärmen auf einem Platinbleche schwärzten und zersetzten: also aus organischer Materie bestanden. Sie gaben weder die Murexid- (keine harnsaure Salze), noch *Scherer*'s Leucinprobe, waren in kochendem Wasser fast unlöslich und unterschieden sich schon dadurch von Leucin. In Salpetersäure lösten sie sich; es schied sich aus dieser Flüssigkeit allmählich ein gelber Krystallbrei ab, welcher mit Natronlauge eine rothe Lösung gab. Obschon die für das Tyrosin so charakteristischen Garbenformen und sanduhrartig gekreuzten Krystallnadeln in meinen Präparaten fehlten, so steht doch wohl zu erwarten, daß diese seidenglänzenden, aus radiär angeordneten Nadeln sich zusammensetzenden Knollen Tyrosin sind, dessen Vorkommen bei Mollusken zwar Bedenken erregen könnte. Mein Untersuchungsmaterial war zu gering, als daß daran die Tyrosinnatur dieser Ausscheidungen hinreichend sicher festzustellen war.

Verschiedene Spongien (Chondrosia reniformis, Myxilla rosacea, Suberites flavus und lobatus, Aplysina aërophoba) habe ich nach den gebräuchlichen Methoden mit negativem Erfolg nicht nur auf Harnsäure, sondern auch auf Harnstoff, Taurin, Tyrosin und Leucin geprüft.

Entwickeln die Spongien Ozon?

Der starke an Phosphordampf erinnernde Geruch, welcher vielen Spongien — z. B. den Suberitiden — eigen ist, veranlasste mich zu untersuchen, ob derselbe von Ozon herrühre. Bekanntlich bemerkt man einen ähnlichen Geruch in der Umgebung arbeitender Elektrisirmaschinen, und viele Chemiker nehmen an, daß auch dem Phosphor sein knoblauchähnlicher Geruch nicht selbst angehört, sondern durch das bei der langsamen Verbrennung des Phosphors entstehende Ozon verursacht wird.

Ich bediente mich zum Nachweis des Ozons bei den Schwämmen der sog. Ozonometer, d. s. mit Jodkalium-Stärkekleister getränkte Papierstreifen, welche sich bei Gegenwart von Ozon blau färben. Ich führte meine Versuche an Suberites domuncula, S. massa und lobatus, Geodia gigas, Chondrosia reniformis, Hircinia variabilis, Spongelia elegans, Myxilla rosacea und fasciculata, Aplysina aërophoba, Euspongia adriatica und an Cacospongien aus und zwar derart, daß ich die frisch gefischten Schwämme mit wenig Wasser bedeckt unter eine Glasglocke brachte, an deren Innenseite die Papierstreifen befestigt waren.

Obgleich der phosphorartige Geruch besonders bei den Suberiten und Myxillen ein außerordentlich kräftiger war, so sah ich weder bei dieser Versuchsanordnung, noch wenn ich die Papierstreifen unmittelbar auf die Spongien legte, nach 24 Stunden eine Bläuung des Stärkepapiers auftreten. Durch die mit Guajaktinctur getränkten Papierstreifen, welche ich sowohl in der ab-

geschlossenen Luftschicht über den Schwämmen aufgehängt als auf diese direct gelegt hatte, wurde ein Ozongehalt ebensowenig angezeigt (eine Blaufärbung des Guajakharzes erfolgte nicht) als durch die empfindlichere Jodkaliumstärkereaction. Es war ganz gleichgültig, ob ich die Papierstreifen trocken oder benetzt den Spongiengasen aussetzte: Ozon war in keinem Falle nachweisbar. Die so sehr an den Phosphor- und den sog. elektrischen Geruch erinnernde gasförmige Materie vieler Schwämme kann demnach z. Z. nicht auf Ozon bezogen werden.

Ueber Reservestoffe.

Wie fast alle Functionen des Organismus ist auch die Aufnahme des Ernährungsmaterials keine gleichmäßig andauernde, sondern eine periodisch auftretende Erscheinung. Die Verdünnung der resorbirten Nährstoffe in den die Zellen bespülenden Körpersäften, die nach Bedarf zu den einzelnen Theilen des Organismus tretenden größeren oder geringeren Blutmengen gestatten den Zellen bei den hoch entwickelten Formen ein von der äußeren Nahrungsaufnahme unabhängigeres Leben zu führen. In der unter normalen Verhältnissen bestehenden Periodicität der Nahrungsaufnahme von Außen läßt sich der Zustand der Ruhe bei einigen Thieren ganz außerordentlich verlängern; ein verminderter Stoffumsatz, eine Abnahme der Lebensenergie einerseits, angehäuftes Reservematerial — intracellular abgelagert oder von anderen Punkten des Körpers durch den Säftestrom den einzelnen Elementarorganismen zugeleitet — anderseits befähigen sie den Nahrungsmangel zu überleben.

Wohl bei allen Organismen finden sich Vorkehrungen, durch welche der Zutritt der dem Leben unentbehrlichen Stoffe — Sauerstoff, Wasser, feste anorganische und organische Verbindungen — geregelt, deren Verluste entgegengewirkt wird. Wie im Blute das Hämoglobin, so scheinen auch in Drüsen, Muskeln und Nerven Stoffe vorhanden zu sein, welche den geathmeten Sauerstoff an sich ziehen, um ihn bei behinderter Sauerstoffzufuhr oder bei gesteigertem Sauerstoffbedürfniß an die arbeitenden Zellen abzugeben. Meist durch besondere Pump- oder Schlagwerke ge-

trieben, bewässern unabhängig von dem Wechsel des Wassergehaltes der äußeren Umgebung die Leibesflüssigkeiten die lebenden Bestandtheile des Organismus, und nicht weniger wirksam widersteht das Thier wie die Pflanze durch die Aufspeicherung von Reservestoffen (im engeren Wortsinne) der Unterbrechung der Lebensfunctionen aus Mangel an zugeführten festen Nahrungsmitteln.

Die Kenntniß von den Reservestoffen, der Regulirung des Nahrungsbedürfnisses in der Thierreihe kann ebensowenig wie die Kenntniß von der Nahrungsaufnahme für das Verständniß der allgemeinen Lebensvorgänge entbehrt werden. Einen, wenn auch geringen Beitrag zu der von *Claude Bernard* so geistreich behandelten Frage nach der Bedeutung des Reservematerials liefern vielleicht auch meine jetzt zu besprechenden Untersuchungen, bei denen besonders die Spongien in's Auge gefaßt sind.

I. Die Verbreitung der Glyceride im Thierreiche.

Mehr in Berufung auf den bloßen Augenschein oder auf die Bräunung und Schwarzfärbung durch Osmiumsäure —, welche Reaction bekanntlich auch Eiweißstoffen, nach *Nußbaum* vorwiegend den Fermenten zukommt, — als auf Grund einer zweckentsprechenden chemischen Beweisführung wird den Glyceriden, den Fetten κατ' ἐξοχήν, eine große Verbreitung im Thierreiche zugestanden.

Soviel mir bekannt ist, wurde bei Wirbellosen nur das Fett von Coccus cacti von *Pelletier* und *Caventou*, das Fett von Coccus polonicus von *Berzelius* eingehender studirt, und diese wie alle sonstigen chemischen Nachweise von Glyceriden bei wirbellosen Thieren beschränken sich auf die Arthropoden (Ameisenöl, Krebsfett etc.). Ich stellte mir deßhalb die Aufgabe, den Fettnachweis bei möglichst vielen Wirbellosen zu versuchen; meine

Ungewißheit über den Fettgehalt der Molluskenlebern drängte mich besonders, diese Untersuchungen auszuführen.

Die von mir zur Auffindung des Fettes eingeschlagene Methode ist folgende: Die fein zerhackten Organe resp. die ganzen Thiere wurden mit absolutem Alkohol und darauf mit Aether oder einfach mit alkoholischem Aether mehrere Tage in Berührung gelassen und während dieser Zeit durch häufiges Umschütteln die Extraction beschleunigt. Die Auszüge wurden auf dem Wasserbade eingedampft und der Rückstand in der Weise auf Fette untersucht, daß ich ihn auf Papierstreifen strich und diese in einer auf dem Wasserbade befindlichen Schale erwärmte. Alle Fette haben bekanntlich die Eigenschaft das Papier transparent zu machen, und da sie erst bei einer Temperatur von etwa 300° C. unter Zersetzung zu sieden beginnen, darf der Fettfleck, wenn er einigermaßen intensiv ist, beim Erwärmen auf dem Wasserbade nicht verschwinden. Von zusammengesetzten Aethern einsäuriger Alkohole, von wachs- und harzartigen Substanzen, von Cholestearin, von Eiweißtropfen etc. lassen sich die Glyceride durch das von mir benutzte Verfahren am einfachsten unterscheiden.

Es fand sich ein bedeutender Fettgehalt in fast allen zur Untersuchung verwandten Mollusken — (Eledone moschata, Sepia officinalis, Loligo vulgaris; Doriopsis limbata, Doris tuberculata, Tethys fimbria, Turbo rugosus; Ostrea lamellosa, Pinna squamosa, Arca Noae; verhältnißmäßig gering war der Fettgehalt der Leber von Mytilus gallo-provincialis) und Crustaceenlebern (Homarus vulgaris, Palinurus vulgaris, Carcinus mænas, Eriphia spinifrons). Nicht weniger beträchtlich war die aus dem alkoholischen Extracte von Spirographis Spallanzanii und Lumbricus complanatus gewonnene Fettmenge. Aus den alkoholischen Aetherextracten der Lebern von Solaster papposus, von Astropecten aurantiacus und pentacanthus, des Darmes von Toxopneustes brevi-

spinosus und der (von Darmcontenten sorgfältig gereinigten) Eingeweide von Synapta digitata und Holothuria Polii konnte ich mehr oder weniger große Fettmengen abscheiden. Auch der Darm mit seinen Drüsen von Phallusia fumigata und mentula, von Cynthia microcosmus enthielt reichlich Fett. Die alkoholischen Auszüge von Botryllus und verschiedenen Didemnumarten, von Sagartia troglodytes und parasitica, von Anthea cereus, Actinia mesembryanthemum und Cerianthus waren ebenfalls reich daran. Endlich fehlte auch das Fett im alkoholischen Aetherauszuge von Aethalium septicum nicht. Den Reservestoffen bei den Spongien haben bereits *Carter*, *F. E. Schulze* und *Keller* ihre Aufmerksamkeit zugewandt; es wird sich uns später noch Gelegenheit bieten, auf deren Arbeiten zurückzukommen. Hier haben wir nur an die Angabe *F. E. Schulze*'s[1]) zu erinnern, daß bei Chondrosia reniformis in dem Fasergewebe der Rinde und der Gefäßscheiden hyaline, stark lichtbrechende, knollige Gebilde in wechselnder Menge und Vertheilung vorkommen, welche nach ihrem eigenthümlichen Glanze, ihrer Leichtlöslichkeit in Aether und absolutem Alkohol zu schließen, aus einer fettähnlichen Substanz zu bestehen scheinen.

Es überraschte mich im höchsten Grade, als ich den Papierstreifen, welchen ich mit dem weichen Rückstande des alkoholischen Aetherextractes von Chondrosia reniformis bestrichen hatte, nach kurzer Erwärmung auf kaum 100° C. mit dem Schälchen vom Wasserbade nahm und fand, daß das Papier nach dem Erwärmen die Transparenz verloren, welche der eingedickte Chondrosiaauszug anfangs an ihm hervorgerufen hatte. Ich wiederholte des mir so seltsam erscheinenden Befundes wegen den Versuch mit immer neu zu diesem Zwecke angefertigten Extracten

---

1) *F. E. Schulze*, Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Spongien. Die Familie der Chondrosiden. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXIX. 1877. S. 104.

und fand stets, daß die dem Papiere durch das Chondrosia-extract ertheilte Transparenz nicht haltbar ist. Auch beobachtete ich, daß die einfache Belichtung je nach ihrer Intensität in mehreren Minuten oder Stunden den Oelfleck verschwinden macht. Ich dehnte meine Versuche auf Suberites domuncula, flavus, massa und lobatus, auf Aplysina aërophoba, Geodia gigas, Tethya Lyncureum und Spongelia elegans aus; bei allen Formen ergab sich ein ähnliches Verhalten.

Bei starker Durchtränkung des Papiers mit dem Rückstande der Spongienauszüge genügt zwar in vielen Fällen eine Erwärmung oder Belichtung von einigen Stunden nicht, um den Oelfleck auszulöschen; aber wenn man nach einigen Tagen oder Wochen das transparent gemachte Papier wieder betrachtet, hat es meist das Durchscheinende ganz verloren, stets hat die Transparenz außerordentlich abgenommen. Ich bin deßhalb sehr zweifelhaft geworden, ob einigen Spongien (Tethya Lyncureum und andere Arten), für welche ich bei Beginn meiner Versuche einen Fettgehalt notirte, und deren Nachuntersuchung mir vorerst nicht wieder vergönnt sein wird, thatsächlich Spuren — denn nur um diese kann es sich dabei handeln — von echtem Fette zukommen, oder ob auch die von diesen Extracten auf Papier erzeugten Oelflecke unbeständig sind und ätherischen Oelen ihre Entstehung verdanken; denn ätherische Oele fehlen bei keiner von mir untersuchten Spongie!

Seitdem die organische Chemie aus theerartigen Producten die elegantesten Farben, aus den übelst riechenden Körpern die angenehmsten Parfüms dargestellt hat, kann eine Umwandlung der unsere Sinne unangenehm berührenden Substanzen durch chemische Processe in solche, welche den Muttersubstanzen ganz entgegengesetzt auf uns wirken, kaum mehr unsere Verwunderung erregen. Vielleicht ist aber die merkwürdige Verschiedenheit im Geruche, welche einerseits die lebenden oder frisch abgestorbenen

Schwämme und anderseits ihre in alkoholischem Aether löslichen Bestandtheile bekunden, bislang ohne jede Analogie.

Viele Schwämme besitzen im Leben einen mehr oder minder penetranten Phosphorgeruch[1]), während ihre alkoholischen Aetherauszüge nur von wenigen anderen ätherischen Oelen oder künstlich dargestellten Aethern an Lieblichkeit des Geruches übertroffen werden. Es erregte nicht im geringen Grade das Erstaunen Aller, welche meinen Untersuchungen folgten, als es mir gelang, aus den phosphorartig stinkenden Suberitiden durch einfaches Abdampfen der alkoholischen Aetherauszüge eine dunkelrothe, weiche Masse von ananas- oder, wenn man will, von veilchenwurzelartigem Geruch abzuscheiden.

Erhitzt man den Verdampfungsrückstand zum Sieden, exponirt man das damit getränkte Papier längere Zeit dem Sonnenlichte, oder läßt man das Aetherextract tagelang trocken an der Luft liegen, so verliert sich das Aroma. Durch den Geruch wie durch die Unbeständigkeit der am Papier hervorgerufenen Oelflecke läßt sich die Existenz eines ätherischen Oeles trotz der nur mit großen Opfern zu bewerkstelligenden Gewinnung dieses Körpers in der zu genaueren Untersuchungen erforderlichen Reinheit genügend bei folgenden Spongien feststellen: Chondrosia reniformis, Suberites massa, S. flavus, S. lobatus, S. domuncula, Aplysina aërophoba, Geodia gigas und Tethya Lyncureum.

Wie man aus dieser Aufzählung ersieht, wählte ich zu meinen Versuchen vorwiegend compacte, feste Formen aus, bei denen eingeschlossene Krebse, Würmer und andere Insassen nicht zu Fehlern Veranlassung geben konnten. Auch die anderen, weniger soliden Schwämme (wie Aplysina, Suberites flavus, massa und lobatus) zerkleinerte ich vor der Extraction mit aller Sorg-

---

[1]) Vergl. S. 37.

falt, reinigte sie von allen thierischen Parasiten und entfernte die Fehlstellen.

Bei einigen Arten (Suberites domuncula, Spongelia elegans) bemerkte ich aber, daß die aus ihnen angefertigten Aetherextracte auf Papier verrieben bisweilen (Suberites domuncula) oder constant (Spongelia elegans) einen Oelfleck hinterlassen, welcher in Stunden oder Tagen (je nach der Temperatur und der Belichtung) zwar Erhebliches von seiner Intensitat einbüßt, doch selbst nach $1^1/_2-2$ Monaten nicht wieder völlig verschwindet. Das Papier bleibt durchscheinend, — sicherlich deßhalb, weil diese Extracte etwas fettes Oel enthalten. Wie gesagt, ist dieses Verhalten des Aetherauszuges von Suberites domuncula kein regelmäßiges; ich mußte stets größere Mengen davon auf dem Papiere verreiben, um die Existenz des geringen Fettgehaltes dieses Schwammes nachzuweisen. Der durch das Aetherextract von Chondrosia reniformis, Aplysina aërophoba, Geodia gigas, Suberites flavus, S. massa und S. lobatus auf dem Papiere erzeugte Oelfleck verschwand bei meinen Versuchen früher oder später vollständig. Wenn bei diesen Species sich überhaupt Glyceride finden, so werden es nur sehr unbedeutende, kaum nachweisbare Quantitäten sein — vorausgesetzt, daß nicht temporäre oder locale Verschiedenheiten, auf deren Eruirung meine Untersuchungen nicht gerichtet waren, die Berechtigung meines Schlusses illusorisch machen.

Als ich die Abbildungen 3 und 4 auf Tafel I der ersten Abtheilung dieser Studien entwarf, fehlten mir die nöthigen Farben, um dem Suberites ein dem natürlichen entsprechendes Colorit zu geben. Ich griff deßhalb zu einem Auskunftsmittel, welches schon öfters in ähnlichen Fällen angewandt zu sein scheint, indem ich ihn mit dem Aetherextracte seiner eigenen Gewebe malte. Die Unterseite des dicken Cartonpapieres erschien zwar wie mit Fett getränkt; aber die Farbe entsprach sonst allen Anforderungen, und ich

freute mich, daß die Ausführung nach Wunsch geglückt war. Nicht wenig erstaunte ich, als mir bereits nach zehn Tagen die ausgeführte Tafel vom Lithographen zugestellt wurde, das Orange auf dem Original aber fast ganz verblaßt, stellenweise wie der Oelfleck auf der Unterseite des Papieres völlig verschwunden war. Ich kam sogleich auf den Gedanken, daß der Schwammfarbstoff sehr lichtempfindlich sein müsse, und weitere Versuche bestätigten diese Vermuthung.

Ich exponirte meine Zeichnung am Nachmittage zwischen 4 und 6 Uhr dem Sonnenlichte und sah sie in kaum Einer Stunde vollständig farblos werden. Ich bestrich verschiedene Octavseiten von gewöhnlichem Schreibpapier mit dem tief orangerothen Aetherextracte von Suberites lobatus, S. domuncula und S. massa, bedeckte die gefärbten Flächen stellenweise mit kleinen Geldstücken und belichtete sie während der Nachmittagsstunden. Nach $^1/_2$ Stunde schon unterschied man deutlich die bedeckt gewesenen von den belichteten Stellen, und in allen Fällen genügten wenige Stunden, um das tief orange gefärbte Papier ganz zu entfärben. Auch bei sehr intensiver Belichtung, bei Concentrirung der Lichtstrahlen durch Linsen etc. bedarf es immer einiger Zeit, um den Effect hinreichend erkennbar zu machen. Es gelang mir nicht, momentan oder innerhalb weniger Secunden das Abblassen der Farbe zu bewirken; wenige Minuten waren dazu stets erforderlich.

In ätherischer Lösung und verschlossenen Gefäßen hält sich der Suberitenfarbstoff am Lichte viel besser, als wenn er auf Papier vertheilt, trocken belichtet wird. Eine zwar ziemlich concentrirte ätherische Lösung habe ich in einem verschlossenen plan geschliffenen Fläschchen über 6 Wochen trotz mehrerer sehr lichtreicher Tage den directen Sonnenstrahlen aussetzen können, ohne dass sich die Färbung irgendwie bemerklich verminderte.

Beim Abdampfen des alkoholischen Aetherextractes von Chondrosia reniformis im Wasserbade bleibt ein Balsam zu-

rück, an Farbe und Consistenz dem Storax täuschend ähnlich. Dieser Verdampfungsrückstand enthält ein ätherisches Oel und verändert, auf Papier gerieben dem Sonnenlichte ausgesetzt, seine Farbe zuerst in eine olivengrüne; später verschwindet dieselbe aber ganz. Vergleicht man den Oelfleck auf dem Papiere in dem Stadium, wo er olivengrün geworden ist, mit den durch aufgelegte Metallstückchen vor der Wirkung der Sonnenstrahlen geschützten Stellen des bemalten Papierstreifens, so erkennt man deutlich, daß auch hier ein Orangefarbstoff gebleicht ist, daß das alkoholische wie ätherische Extract von Chondrosia reniformis entschieden zwei verschiedene Pigmente enthält, welche nicht gleich lichtempfindlich sind.

Selbst in den tief dunkelvioletten ätherischen Auszügen von Aplysina aërophoba gelingt es nach dieser Methode ein ähnliches Pigment, welches dem frischen Extracte einen braunen Farbenton verleiht, nachzuweisen, und welches ebenso schnell wie das Orange in den Chondrosia- und Suberitidenextracten durch Belichtung zerstört wird. Der dunkelviolette, fast schwarze Farbstoff von Aplysina aërophoba, welcher in dem lebenden Schwamme zwar nicht angetroffen wird [1]), ist an sich nicht lichtempfindlich.

Das eingedickte gelbe Aetherextract von Geodia gigas läßt sich am Lichte ebenfalls vollständig bleichen.

Nach *Nardo* kommt dem Lichte auch an den lebenden Chondrosien ein bestimmender Einfluß auf die Intensität der Färbung zu. Wenn dieser Forscher aber meint, daß die dem Lichte abgewandte Seite die hellere ist, so dürfte er nach meinen an den Chondrosiafarbstoffen gesammelten Erfahrungen im Unrechte sein. Ist es erlaubt, aus den an den ätheri-

[1]) Vergl. *F. E. Schulze,* Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Spongien. Die Familie der Aplysiniden. Zeitschr. f. wiss. Zoolog. Bd. XXX. 1878. S. 387.

schen Auszügen dieses und aller übrigen Schwämme gemachten Beobachtungen auf die Erscheinungen an den lebenden Thieren zu schließen, so würden diese am Lichte nicht dunkler, sondern entschieden heller werden müssen. Die individuellen Schwankungen der Farbenintensität besonders bei den Suberitiden, deren Pigment so sehr lichtempfindlich ist, scheinen thatsächlich auf eine Beziehung des Lichtes zu der Färbung des Schwammes hinzuweisen. Experimente könnten uns darüber allein den gewünschten Aufschluß geben; „denn wie selten läßt sich", bemerkt schon *F. E. Schulze*, „die Lage oder das Beschattungsverhältniß für einen aus der Tiefe heraufgeholten Schwamm feststellen."

Als ich die Zeichnung, welche mich veranlaßte, die Farbstoffe der Schwämme zu untersuchen, näher betrachtete, bemerkte ich, soweit das Colorit gereicht hatte, perlmutterartige Flitterchen, welche bei seitlich auffallendem Lichte lebhaft glänzten. Diese Beobachtung führte mich zu nicht weniger interessanten Befunden. Ich untersuchte den Inhalt eines Porcellanschälchens, in welchem ich einige Decigramme des Suberitenextractes wochenlang stehen gelassen hatte, und fand ihn in eine wachsähnliche, fast farblose Materie verwandelt. Eine einstündige Belichtung zerstörte die geringe Färbung ganz. Mittelst des Mikroskops erkannte ich bei schwacher Vergrößerung, daß diese wachsähnliche Masse krystallisirt war und sich aus ährenartigen Gebilden zusammensetzte, welche sich um mehrere Krystallisationspunkte rosettenförmig gruppirten. Besonders schön erhielt ich diese Krystallgruppen, wenn ich das Aetherextract kurze Zeit auf einem Objectträger zum Sieden erhitzte und darauf mehrere Tage ruhig stehen ließ. Auch aus Chondrosia reniformis, Geodia gigas, Suberites massa und lobatus habe ich dieselbe perlmutterglänzende Masse wie aus Suberites domuncula dargestellt.

Die Krystallaggregate schmelzen erst weit über 100° C. und unterscheiden sich dadurch sowohl von allen bekannten thierischen

Wachsarten (Wallrath [1]), Bienenwachs, chinesisches Wachs, Andaquiewachs) als auch von dem Ambraïn — eine in zarten weißen Nadeln krystallisirende, aus der Ambra gewonnene Substanz, welche nach *Pelletier* und *Caventou* bei 30° C., nach *John* bei 37,5° C. schmilzt, — und dem Castorin (Adipocire *Fourcroy*'s, Kastoreumkampher *Gmelin*'s), einer wenig bekannten, im Castoreum enthaltenen Verbindung, welche im kochenden Wasser sich verflüssigt.

In Wasser ist unser Körper vollkommen unlöslich, löslich dagegen in Chloroform und Aether, woraus er sich beim Erkalten in unregelmäßigen Formen abscheidet; weniger löslich in siedendem Alkohol.

Alle diese Verhältnisse weisen darauf hin, daß die fragliche Substanz Cholestearin ist. Es glückte mir aber weder aus den Extracten direct, noch durch Umkrystallisiren aus siedendem Alkohol die für das Cholestearin so charakteristischen rhombischen Täfelchen zu gewinnen. Es schied sich der Körper immer in den beschriebenen Aehrenformen, in feinen Nadeln oder in einem gummösen Zustande ab und glich durch diese Eigenschaften mehr dem von *E. Schultze* beschriebenen Isocholestearin.

Löste ich eine Probe in wenig Chloroform und fügte eine dem Chloroformvolumen gleiche Menge concentrirter Schwefelsäure hinzu, so färbte sich das Chloroform intensiv roth, und die unterstehende Schwefelsäureschicht zeigte eine grüne Fluorescenz. Das Gelingen dieser von *Salkowski* für das Cholestearin als charakteristisch angegebenen Reaction macht es wie die Löslich-

[1]) Da von *D. de Jonge* (Ueber das Secret der Talgdrüsen der Vögel etc. Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. III. Heft 4, S. 236) dem Cetylalkohol eine weitere Verbreitung im Thierreiche zuerkannt wurde, so hegte ich um so mehr die Hoffnung, eine dem Wallrath verwandte Verbindung bei den Schwämmen aufzufinden. Die aus diesem Grunde unternommenen Versuche ergaben aber die völlige Abwesenheit von Cetyläthern bei den Spongien.

keit in Chloroform, Aether und siedendem Alkohol, die Unlöslichkeit in Wasser und die Lage des Schmelzpunktes weit über 100° C. im höchsten Grade wahrscheinlich, daß wir hier Cholestearin oder wenigstens einen dem Cholestearin sehr nahe verwandten Körper vor uns haben.

Der Verdampfungsrückstand des Aetherextractes der Spongien hat somit die größte Aehnlichkeit mit gewissen salbenartigen, bei Säugethieren in eigenen Behältern abgeschiedenen Stoffen. Das Castoreum Moscoviticum enthält z. B. nach den Analysen von *Brandes* neben 1,2 % Cholestearin 2 % ätherisches Oel, der Tonkinmoschus führt nach *Geiger* und *Reimann* außer flüchtigen Substanzen ebenfalls Cholestearin, und ähnlich scheint sich auch nach den Angaben von *Boutron-Charlard* der Zibeth zu verhalten.

Außer dem so häufig vergesellschafteten Vorkommen des Cholestearins mit flüchtigen Substanzen machte mir endlich auch das nach Geranium riechende Destillationsproduct des Cholestearins eine Beziehung des ätherischen Oeles bei den Spongien zu dem cholestearinartigen Bestandtheile des Aetherextractes wahrscheinlich; aber daß letzterer Körper nicht erst aus ersterem bei meinen Operationen entstanden ist, geht schon daraus hervor, daß sich die dem Cholestearin ähnliche Substanz ganz besonders leicht in den Extracten abscheidet, aus welchen das ätherische Oel durch starkes Erhitzen rasch entfernt ist.

Schon anderen Ortes[1]) ist von mir auf die merkwürdige Uebereinstimmung hingewiesen, welche der Suberitenfarbstoff mit einem Tetronerythrin genannten Farbstoffe bietet, der sich oberhalb des Auges bei Wald- und Fasanenhähnen findet. Da ich der Eigenschaften des Suberitenfarbstoffes noch eingehender zu gedenken haben werde, sei hier nur bemerkt, daß der gekenn-

[1]) *Krukenberg*, Tetronerythrin in Schwämmen. Centralbl. f. d. medic. Wissenschaften. Jahrg. XVII. 1879. Nr. 40.

zeichnete cholestearinartige Körper aus diesem hervorgeht. Die Anbildung der perlmutterglänzenden Sternchen unter dem Einflusse des Lichtes schreitet mit der Entfärbung und Zersetzung der orangerothen Substanz, welche bislang krystallisirt nicht zu erhalten gewesen ist, proportional fort, und das Bleichproduct scheint vorzugsweise aus diesem cholestearinartigen Körper zu bestehen. Der Gehalt des Aetherextractes an ätherischem Oel ist der Krystallisation dieser Substanz sehr hinderlich; man sieht deßhalb in den sich am Lichte und bei Luftabschluß zersetzenden Farbstofflösungen den weißen Niederschlag nicht immer krystallinisch werden. Ozonhaltiges Terpentinöl verwandelt den Suberitenfarbstoff ebenfalls in eine weiße, in Terpentinöl weniger lösliche und deßhalb sich darin bei stärkerer Concentration ausscheidende Materie, welche durch Aether leicht wieder in Lösung zu bringen ist und mit dem cholestearin-ähnlichen Bleichproducte identisch sein dürfte. Aus angeführtem Grunde nimmt sie, wie ich glaube, auch im Terpentinöl kein krystallinisches Gefüge an, sondern scheidet sich regelmäßig als ein weißes, amorphes Pulver ab, welches seiner Leichtigkeit wegen lange im Terpentinöl suspendirt bleibt und es milchig macht.

Aus meinen Untersuchungen ergibt sich also die Existenz von vier specifischen Stoffen in dem alkoholischen Aetherextracte der Spongien. Diese sind:

1) ätherisches Oel,
2) Farbstoffe,
3) Cholestearin oder ein diesem nahe verwandter Körper,
4) bei einigen Arten eine geringe, aber nachweisbare Menge von echtem Fett, von Glyceriden.

Ob der Inhalt der Oelkugeln bei den Radiolarien, welche von *Richard Hertwig*[1]) für aufgestapelte Nährstoffe erklärt sind,

[1]) *R. Hertwig,* Der Organismus der Radiolarien. Jena. 1879. S. 113.

aus Glyceriden oder, wie bei den Spongien, aus einem, ätherisches Oel enthaltenden Gemische von verschiedenen Stoffen besteht, läßt sich aus den Angaben, welche ich darüber kenne, nicht entscheiden. Eine Untersuchung nach dieser Richtung würde jetzt, wo wir uns einen Einblick in die Verhältnisse bei den Spongien verschafft haben, von sehr großem Interesse sein.

II. Zur vergleichend-physiologischen Behandlung der Glycogenfrage.

Claude Bernard's jüngste Zusammenfassung seiner Ergebnisse über die Glycogenbildung bei den Wirbellosen ist uns durch Mr. *Dastre*'s anerkennenswerthe Bemühungen erhalten worden. *Claude Bernard* hatte sowohl Mollusken (von Gastropoden: Helix, Arion u. a. A., von Bivalven: Ostrea edulis, Mytilus edulis und Pecten Jacobæus) als Arthropoden (Krebse und Insecten) und Würmer zum Gegenstande seiner Untersuchungen gemacht, und die von ihm daraus gezogenen Schlüsse auf das Vorkommen und die Verbreitung des Glycogens in den einzelnen Classen der Wirbellosen sind kurz folgende [1]):

Bei Mollusken wird man immer Glycogen finden, wenn man an lebenskräftigen und nicht an kranken oder gar an sterbenden Thieren operirt. Noch viel weniger sind abgestorbene Mollusken zur Untersuchung zu verwenden; bei diesen wird man kaum Glycogen antreffen. Dagegen gewann *Bernard* aus Weichthieren (z. B. aus Pecten Jacobæus), welche möglichst rasch getödtet waren, große Mengen von Glycogen. Während die Wirbelthierleber gleichsam aus zwei Drüsenapparaten, aus zwei Lebern — einer glycogen- (foie glycogénique) und einer gallebildenden (foie biliaire) — besteht, sich aber bislang nicht histologisch, sondern

---

[1]) *Bernard, Cl.*, Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux. T. II. 1879. p. 47—141.

nur physiologisch in diese beiden verschiedenen Drüsen zerlegen ließ, so gelingt es in den Molluskenlebern, die glycogen- von den secretbildenden Elementen auch mikroskopisch zu unterscheiden. Die Drüsenschläuche der Molluskenlebern besorgen die Secretion der sogenannten Galle, und zwischen ihnen oder sie umscheidend liegt das angehäufte Glycogen. Es existirt hier also auch eine anatomische Trennung; die secretbildenden Leberelemente (foie biliaire) communiciren mit dem Darme, die glycogenbildenden (foie glycogénique), welche jene umhüllen, stehen mit dem Gefäßsysteme in unmittelbarer Verbindung.

Aber nicht nur in der Leber trifft man das Glycogen bei den Mollusken an, auch in vielen anderen Geweben findet es sich. Die sogenannten fetten Austern schließen z. B. davon eine enorme Menge ein. Bei den Molluskenlarven in einer frühen Entwicklungsepoche, wenn die Leber noch fehlt, ist das Glycogen wie bei den Föten der Wirbelthiere in transitorischen Organen, welche man als Anhänge des Embryo bezeichnen kann, aufgestapelt. So fand *Bernard* bei mobilen Austernlarven erhebliche Quantitäten von Glycogen in den Segeln (bourrelet), welche er einer wirklichen Dotterplacenta zu vergleichen geneigt ist[1]).

---

[1]) Vgl. ferner meine Uebersetzung (Unters. a. d. phys. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II, S. 16) von *Cl. Bernard*'s Schilderung des periodisch wechselnden Ergusses verschiedener (glycogenreicher Flüssigkeit und sog. Galle) Secrete aus der Leber von Limax flavus. Nicht ohne Bedeutung dürfte für uns auch die Betrachtung sein, welche *Bernard* an den verästelten Darm mit seiner drüsigen Hülle bei den Mollusques phlébentérés (Aeolidier) knüpft. In dessen Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses (Paris 1857) S. 435 heißt es: Durch Aether läßt sich die Zuckersecretion in der Leber ausserordentlich beschleunigen; aber dieser Reizvorgang geschieht nicht auf reflectorischem Wege von der Darmschleimhaut aus, sondern wird durch einen anderen Mechanismus vermittelt. Der sensible Reiz, welcher das Lebergewebe zur Secretion bringt, scheint die Leber selbst, die Pfortaderzweige, welche zwischen dem Circulationssysteme und dem Darme liegen, zu treffen. Bei gewissen Mollusken, deren Darm-

Die Crustaceen weisen bemerkenswerthe Abweichungen von den Verhältnissen bei den Mollusken auf; bei ihnen steht das Erscheinen und die Ansammlung des Glycogens in einer innigen Beziehung zu dem Häutungsvorgange. Beim Flußkrebs speciell beginnt die Anbildung des Glycogens ungefähr 20 bis 25 Tage vor der Häutung. In der Umgebung des ganzen Körpers trifft man zu dieser Zeit auf eine sehr zarte Lage von Glycogen, eingeschlossen in ein großzelliges Gewebe, welches in Wahrheit den Namen eines Blastoderms verdient. Aber auch die Leber vergrößert sich in dieser Epoche und füllt sich mit Glycogen; die Bildung des Glycogens hält in ihr gleichen Schritt mit der Vergrößerung der Krebssteine und wird wie diese kalkigen Concretionen im Vorderdarme bei der Neubildung des Panzers verbraucht. Nur in der Periode, welche der Häutung vorangeht, kann man bei den Krebsen (Krabbe, Hummer, Flußkrebs etc.) Glycogen zu finden hoffen.

Unter den Insecten traf *Bernard* das Glycogen besonders reichlich in den Larven von Musca lucilia an; diese Larven bezeichnet er als reine Glycogensäcke. Trotz der großen Masse von Glycogen, welche sie enthalten, sind sie frei von Zucker; dieser erscheint in ihnen erst während der Puppenruhe, und bei den vollständig entwickelten Insecten wird man nicht ausschließlich dem Glycogen, sondern auch einer größeren Menge von Zucker begegnen.

Seine Untersuchungen an Raupen (herbivoren Insecten) haben zu gleichen Ergebnissen geführt. Es verhält sich bei den Insecten ebenso wie bei den höheren Thieren: Das hier wie dort in den Geweben abgelagerte Glycogen ist kein dem Organismus zugeführtes, sondern sein eigenes Fabrikat.

Wirbellosen, welche keine einheitliche Leber besitzen, fehlt

verästelungen von Lebergewebe eingehüllt werden, fehlt die Pfortader; bei ihnen muß deßhalb die Reizung des Lebergewebes eine unmittelbare sein.

keineswegs nothwendig das Glycogen. Bei Lumbricus, Taenia, Cysticercus und anderen Würmern vermochte *Bernard* das Glycogen nachzuweisen.

Mehrere dieser Beobachtungen *Bernard*'s über das Glycogenvorkommen bei Wirbellosen sind von anderen Experimentatoren später bestätigt; leider sind aber die meisten Mittheilungen lediglich Referate der Ergebnisse, keine Schilderungen der Methoden, welche bei der Abscheidung, Reinigung und dem Nachweis des Glycogens befolgt wurden; es entziehen sich dadurch die Mehrzahl der Angaben jeder Kritik. Die meisten Untersucher erschlossen die Anwesenheit des Glycogens aus einer bräunlichen (oft vielleicht nur gelblichen) Färbung, welche das fragliche Gewebe durch Jod annahm, viele begnügten sich damit, in dem siedendheiß filtrirten wässerigen Gewebsauszuge einen weißen Niederschlag durch Alkohol zu erzeugen und nur Wenige versuchten außer diesen für das Glycogenvorkommen wenig oder garnichts besagenden Reactionen die durch Alkohol aus dem Wasserextracte niedergeschlagenen Substanzen weiter zu reinigen und das vermeintliche Glycogen durch Diastase in Glycose umzuwandeln.

Erschien mir schon aus diesen Gründen eine Wiederholung des Glycogennachweises bei Wirbellosen dringend geboten, so wurde ich noch ganz besonders zur Ausdehnung der Versuche auf die niedrigst organisirten Thiere durch einige Beobachtungen veranlaßt, welche *Carter* und *Keller* an Spongien gemacht haben wollen. Der von *Keller* für verschiedene Schwämme (Spongilla lacustris, Myxilla fasciculata, Geodia gigas, Tethya Lyncureum, Suberites massa und flavus) angegebene Gehalt an vegetabilischer Stärke erregte mein hohes Interesse, seitdem mich Herr Dr. *Berend* von seiner wichtigen Entdeckung des Glycogenvorkommens bei den Myxomyceten (Aethalium septicum) freundlichst unterrichtet hatte. *Berend*, welcher seine Arbeit unter Herrn Geh. Rath *Kühne*'s Leitung ausführte, hat

nicht wie viele andere Beobachter versäumt die Identität des aus dem Plasmodium von Aethalium erhaltenen Glycosides mit der animalischen Stärke, dem Glycogen, durch alle gegenwärtig bekannten Reactionen festzustellen, und sein Ergebniß kann deßhalb unser volles Vertrauen in Anspruch nehmen [1]).

Anderseits fand aber *Bütschli* in dem Körnerfelde von Gregarina Blattarum und Nyctotherus ovalis „amyloide Substanz". Bei diesen Protisten finden sich Körnchen, welche nach *Bütschli*'s Angabe durch Jodtinctur braunroth bis braunviolett gefärbt werden und auf Zusatz von verdünnter Schwefelsäure diesen Farbenton mit einem sehr schönen Weinroth bis Veilchenblau vertauschen. Nach *Gottlieb* hingegen besitzt die Substanz, welche er durch verdünnte Kalilauge aus dem körnigen Inhalte von Euglena viridis extrahiren und aus dieser Lösung durch Salzsäure als opalisirende Gallerte abscheiden konnte, mehrere Eigenthümlichkeiten, weßhalb er sie Paramylon nannte. Es soll sich dieser Körper dadurch, daß er beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure keinen Zucker liefert und durch Jod nicht gebläuet wird, wesentlich von der Stärke unterscheiden. Die Mittheilung *Keller*'s über das Vorkommen echter Stärke bei verschiedenen Spongien, welche *Hæckel* auch bei Radiolarien antraf, gründet sich nur auf mikrochemische Reactionen. Eine Revision der Angaben *Keller*'s über die Jod bläuenden, stärkeartigen Körper in den Spongien ist, wie mir mündlich mitgetheilt wurde, bereits von anderer Seite unternommen; ich beschränkte mich deßhalb bei den Schwämmen auf die Erforschung des Glycogenvorkommens.

Die auf der k. k. zoologischen Station zu Triest frisch er-

---

[1]) Wie ich nachträglich ersehe, theilte aber schon vor mehreren Jahren *Kühne* (Lehrb. d. physiol. Chemie. Leipzig. 1866. S. 334) mit, daß „das contractile Protoplasma der Myxomyceten (Aethalium septicum) sehr bedeutende Mengen Glycogen enthält, dessen Identität mit dem der Leber und der embryonalen Muskeln leicht festzustellen ist".

haltenen Schwämme wurden, nachdem sie in möglichst kurzer Zeit fein zerhackt waren, mit Wasser ausgekocht, die siedend heißen Lösungen filtrirt, die Filtrate vereinigt und unter Umrühren durch Alhohol gefällt. Es schied sich ein flockiges, mehr oder weniger weißes Gerinnsel ab, welches gesammelt, aufgeweicht und abermals mit Wasser ausgekocht wurde. Auf diese Weise entfernte ich den größten Theil der leimartigen Stoffe, welche sich bei Alkoholzusatz reichlich aus dem Filtrate abgeschieden hatten und dem getrockneten Niederschlage eine brüchige Eigenschaft und opalartige Transparenz verliehen. In den so hinreichend von den Eiweißkörpern gereinigten wässerigen Auszügen, welche sich insgesammt vollständig frei von Zucker und anderen alkalische Kupfersulfatlösungen bei Siedetemperatur reducirenden Stoffen erwiesen, bestimmte ich sowohl das Verhalten gegen Jod wie gegen zuckerfreien, Stärke kräftig saccharificirenden Speichel; auch unterließ ich nicht den durch Alkohol aus der wässerigen Lösung gefällten Niederschlag mit Jodtinctur zu behandeln und mikroskopisch auf den Erfolg der Jodbehandlung zu prüfen.

Meine Untersuchungen erstrecken sich auf Suberites domuncula, Tethya Lyncureum, Myxilla fasciculata und Chondrosia reniformis. In allen Fällen war der durch Alkohol in dem wässerigen Auszuge erzeugte Niederschlag ziemlich bedeutend, bestand aber, wie weitere Versuche ergaben, nur aus Eiweißstoffen, leimartigen Körpern und wenig anorganischem Materiale; in völlig neutraler Lösung erhielt ich damit nicht die für das Glycogen so charakteristische Jodreaction und vermochte in dem wässerigen Auszuge des alkoholischen Niederschlages nach dreistündiger Digestion bei 40° C. mit sehr wirksamer Diastase keinen Zucker durch die *Trommer*'sche Probe nachzuweisen. Ich ziehe aus diesen rein negativen Befunden keineswegs den Schluß, daß das Glycogen in jeder Lebensphase den von mir untersuchten Spongien durchaus mangelt. Ob die völlige Abwesenheit des Gly-

cogens in den Schwämmen, welche mir zur Verfügung standen, nur eine Folge ihrer nicht ganz lebenskräftigen Beschaffenheit oder der für derartige Untersuchungen nicht sehr günstigen Jahreszeit ist, wird die Zukunft zu lehren haben[1]).

Mit demselben Rückhalt jeder voreiligen Verallgemeinerung sei ferner bemerkt, daß auch der siedend heiß angefertigte wässerige Auszug von etwa 300 gr. Rhizostoma-Tentakeln, von dem Mantel mehrerer Ciona canina und Phallusia mentula, von Botryllus Leachii und von den Muskeln der Sagartia troglodytes frei von Glycogen waren.

Der wässerige Auszug fast aller zur Glycogendarstellung verwandten Gewebe von Cölenteraten und Ascidien enthielt reichlich Diastase und meist auch Stoffe (Zucker), welche Kupfersulfatlösungen auf Zusatz von Kalilauge in der Hitze reduciren, so daß es sehr wahrscheinlich ist, daß eine, wennschon geringe, normal vorhandene Glycogenmenge in den Geweben dieser Wirbellosen unter normwidrigen Verhältnissen noch viel schneller in Zucker übergeht, als in dem von Diastase freien Lebergewebe der Säugethiere[2]). Als ich nun aber selbst in den Lebern von Asteracanthion glacialis, von Eriphia spinifrons und Turbo rugosus, in den Muskeln von Pectunculus pilosus und des genannten Seesternes das Glycogen vermißte oder nur zweifelhafte Mengen davon antraf und auch aus den Muskeln von Homarus vul-

[1]) Es muß, wie ich glaube, ganz besonders darauf aufmerksam gemacht werden, daß von dem für Glycogen ausgegebenen Körper nachzuweisen ist, daß er sich nicht nur durch Jod bräunt, durch Alkohol aus wässeriger Lösung gefällt wird, sondern sich auch durch Diastase in Zucker umwandeln läßt. Letzterer nothwendigen Forderung genügen z. B. auch die Angaben von *Balbiani* über die Gegenwart des Glycogens in der Embryonalanlage der Arachniden nicht.

[2]) Aus demselben Grunde läßt sich vielleicht ebenfalls das Glycogen aus Aethalium septicum, wo ein diastatisches Enzym trotz oftmaliger Wiederholung der Versuche von mir nicht aufgefunden werden konnte, leichter in grösserer Menge gewinnen.

garis nur geringe Quantitäten dieses Körpers abzuscheiden vermochte, so suchte ich mir zum Glycogennachweis Thiere zu verschaffen, die sich bis zu ihrem Tode unter möglichst normalen Verhältnissen befanden. Schon früher hatte ich mich in Bestätigung einer Angabe *Hoppe-Seyler*'s von dem, wenn auch geringen Glycogengehalte der Lebern lebenskräftiger Flußkrebse überzeugt und auch aus ihren Muskeln Glycogen dargestellt. Ich beschränkte deßhalb meine Untersuchungen auf Pulmonaten (Arion ater, Helix pomatia), welche aus dem meinem Sommeraufenthalte nahe gelegenen Walde für mich immer in großer Menge zu beschaffen waren. Wurden die den etwa eine Stunde vorher eingefangenen Schnecken exstirpirten Lebern rasch verarbeitet, so erhielt ich, wenn ich nach *Brücke*'s Methode die Albuminstoffe durch Jodkaliumquecksilberlösung aus dem angesäuerten wässerigen Auszug fällte, stets mehr oder weniger große Quantitäten echten Glycogens (Jodreaction, Fällbarkeit durch Alkohol, Saccharificirung durch Diastase). Bei einer 1—2 Tage andauernden Hungercur scheint es sich im Organismus dieser Thiere aber regelmäßig in Zucker umzuwandeln. Das geschieht, wie ich annehme, durch das diastatische Enzym, welches fast in allen Molluskenlebern von mir in sehr wirksamer Menge angetroffen wurde, und voraussichtlich in keiner Molluskenleber zu jeder Periode, in jedem Stadium fehlen wird [1]).

Durch das bei den meisten Arten so constante Vorkommen der Diastase in den Lebern, durch das rasche Verschwinden des

---

[1]) Bei Octopus vulgaris soll nach *Jousset* (Compt. rend. 1879. Nr. 6, 10 Févr. p. 304 u. ibid. No. 9, 3 Mars, p. 428) die Diastase in allen Darmdrüsen (obere und untere Pharynxdrüsen, Leber) vollständig fehlen. Ob das eine Eigenthümlichkeit der Art, ob die Diastase bei ein und demselben Individuum in allen nach den Ernährungsverhältnissen wechselnden physiologischen Zuständen fehlt, hat *Jousset* nicht wahrscheinlich gemacht und ist nach meinen Erfahrungen nicht anzunehmen.

Glycogens aus den Organen unter normwidrigen Verhältnissen wird das Glycogen bei den meisten Wirbellosen nur zu einem Reservestoffe von sehr ephemerer Bedeutung. Wie das im Oxyhämoglobin des Blutes, der Muskeln, der Ganglien etc. aufgespeicherte Sauerstoffgas bei Athemnoth bald verbraucht ist, so transformirt sich im Hungerzustande das Glycogen sehr bald in Zucker. Soll das Glycogen oder die Stärke als Reservestoff eine Bedeutung gewinnen, so muß das glycogenhaltige Gewebe diastasefrei oder wenigstens diastasearm sein, wie es die Zuckerrübe, die Kartoffelknolle, die Muscidenlarve, das Plasmodium von **Aethalium septicum**, das Lebergewebe vieler Säuger etc. nach *Bernard*'s, resp. den Untersuchungen anderer Forscher thatsächlich sind.

Literaturangaben über die Verbreitung des Glycogens und anderer Stärke-artiger Körper im Thierreiche.

Balbiani, Mém. sur le développement des Aranéides. Ann. des scienc. nat. Zoologie. Sér. V. 1873. T. XVIII, p. 29.

Bernard, Ann. des scienc. nat. Sér. III. 1853. T. XIX, p. 331—335.

— Compt. rend. de la Soc. de biolog. Sér. III. 1859. T. I, p. 53.

— Revue scientifique. 1873. p. 515.

— Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux. 1879. T. II, p. 47—141.

Bizio, Atti dell' Instituto Venet. di scienze etc. Sér. III. Vol. XI. 1866.

— Compt. rend. 1866. T. LXII, p. 675.

Bütschli, Notiz über das Vorkommen einer dem Amyloid verwandten Substanz in einigen niederen Thieren. *Müller*'s Archiv. 1870. S. 362.

Carter, Annals and Mag. of nat. hist. Vol. XII. 1863. p. 263 u. Vol. XIII. 1864. p. 36.

Chittenden, Ann. d. Chem. u. Pharmac. Bd. CLXXVIII. 1875. S. 266. (Glycogen in den Muskeln von **Pecten irradians**.)

Fredericq, Bull. de l'Acad. roy. de Belgique. Sér. II. T. XLVI. 1878. No. 8. p. 10.

— Arch. de Zoolog. expér. et gén. T. VII. 1878. Nr. 3, p. 397.

Gottlieb, Ann. d. Chem. u. Pharmac. Bd. LXXV, S. 51.

Hæckel, Biologische Studien. I. Theil. Leipzig. 1870.

Hoppe-Seyler, Unterschiede im chemischen Bau etc., *Pflüger*'s Archiv. Bd. XIV, S. 399.

Keller, Ueber den Bau von Reniera semitubulosa. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XXX, S. 572.

Kühne, Lehrb. d. physiol. Chemie. Leipzig. 1866. S. 390 (Referat der Untersuchungen von *Rindfleisch* und *Foster* über das Vorkommen des Glycogens bei Nematoden).

Nasse, O., Stoffwechsel der Muskeln. *Hermann*'s Handb. d. Physiologie. Leipzig. 1879. Bd. I. Th. I, S. 280 (Glycogennachweis bei Crustaceen).

Schwalbe, G., Ueber den feineren Bau der Muskelfasern wirbelloser Thiere. Arch. f. mikr. Anat. Bd. V. 1869. S. 220 (Glycogen in der Marksubstanz der Blutegelmuskeln).

Es ist jüngst verlangt, den Amphioxus lanceolatus[1]), weil er keine Gallenfarbstoffe, kein Hämoglobin [2]) führe, aus der Reihe der Wirbelthiere zu streichen und ihm einen Platz unter den Wirbellosen anzuweisen. Mit derselben Berechtigung ließe sich auch wünschen, daß die Systematik alle hämoglobinhaltigen Geschöpfe vereinige, alle Harnsäure producirenden Formen zusammenfasse und die Tetronerythrin bildenden Thiere (Waldhähne und Suberiten) wenigstens in ein und demselben Typus unterbrächte. Zu welchen Widersprüchen aber die Berücksichtigung physiologisch-chemischer Befunde seitens der Systematik führen würde, wie außerordentlich verschieden die Systeme ausfallen müßten, je nachdem man diesem oder jenem chemischen Körper eine größere Wichtigkeit zuerkennt, lehrt ein Blick auf nachstehende Tabelle.

[1]) Was man für Amphioxus beanspruchte, müßte man, um consequent zu verfahren, auch für die Leptocephaliden, bei welchen gleichfalls das Hämoglobin vermißt wurde, verlangen.

[2]) Zwar abweichend von dem Ergebnisse *Hoppe-Seyler*'s (a. a. O.) berichtete *Ray Lankester* (*Pflüger*'s Archiv. Bd. IV, S. 315) bei Amphioxus lanceolatus Hämoglobin nachgewiesen zu haben. In Uebereinstimmung mit *Ray Lankester* gibt auch *Preyer* (Blutkrystalle. Jena. 1871. S. 11) an, Amphioxus besitze rothe, allerdings sehr schwach gefärbte Blutkörperchen, wie *Wilh. Müller* in Jena festgestellt habe.

Tabellarische Uebersicht der Verbreitung einiger charak-

	Glycogen und andere Stärke-artige Körper.	Gyceride.	Cholestearin oder Cholestearin-ähnliche Stoffe.	Taurin.	Leucin.	Tyrosin.	Hämoglobin.
							Proto-
Myxomyceten . .	Glycogen	+					0
Euglenen	Paramylon						0
Gregarinen	Amyloide-Substanz						0
Rhizopoden . . .	Stärke	?					0
							Cölen-
Spongien	Stärke (?)	+	+	0	0	0	0
Anthozoën	?	+		0	0	0	0
Hydromedusen . .	?						0
							Echino-
Asteroiden	?	+		0			0
Echinoiden	?	+		0			0
Holothurioiden . .	?	+		0			0
							Wür-
Plathelminthen .	Glycogen	+					+
Nemathelminthen	Glycogen	+					0
Anneliden	Glycogen	+	+				+
							Mollus-
Lamellibranchiaten . . .	Glycogen	+		+			0
Gastropoden . . .	Glycogen	+	+	+			+
Cephalopoden . .		+		+		?	0
Tunicaten		+			+		0
							Arthro-
Crustaceen	Glycogen	+	+		+	+	+
Arachnoiden . . .	Glycogen	+			+		0
Myriopoden . . .		+					0
Insecten	Glycogen	+			+	+	+
							Verte-
Leptocardier . . .		+					?
Cyclostomen . . .		+					+
Fische	Glycogen	+	+	+		+	+
Amphibien	Glycogen	+	+			+	+
Reptilien	Glycogen	+	+			+	+
Vögel	Glycogen	+	+		+	+	+
Säuger	Glycogen	+	+	+	+	+	+
Zusammen-gestellt nach Untersuchungen von:	*Kühne, Bütschli, Haeckel, Gottlieb, Bernard, Foster, Bizio, Balbiani* u. von mir.	größtentheils nach eigenen Untersuchungen.	*Gobley, Schlemm, Fredericq* etc. und von mir.	*Frémy* u. A.	*Schwarzenbach* etc.	für Wirbellose von *Warren de la Rue* u. mir.	*Rollett, Ray-Lankester, Moseley, Hubrecht* u. A.

teristischer chemischer Verbindungen in dem Thierreiche.

Gallenfarbstoffe (im engeren Wortsinn).	Harnstoff.	Harnsäure.	Guanin.	Peptisch	Tryptisch	Diastatisch	Chemische Beschaffenheit des organischen Substrates der Gerüstsubstanzen.
				wirkende Enzyme.			
zoën:							
0				+	0	0	
0							
0							
0							
teraten:							
0	0	0	0	+	+	+	Spongin.
0	0	0	+(?)	+	+	+	Corneïn (bei Gorgonen).
0	0	0	+(?)	+	0	+	
dermen:							
0	0	0	+(?)	+	+	+	
0	0	0		+	+	+	
0	0	0		+	+	+	Leimgebende Substanz.
mer:							
0		0	+				Keratin-artige Stoffe.
0		0					
0		0	0	+	+	+	
ken:							
0	+	+		+	+	+	Conchiolin.
0	+	+		+	+	+	
		+	+	+	+	+	Collagen.
0	?	+	0	?	?	+	Tunicin.
poden:							
0	+		?	+	+	+	Chitin.
0		0	+				
0		+					
0		+	0	+	+	+	
braten:							
0							
+				?	?		Collagen, Keratin.
+	+	+	+	+	+	+	
+	+			+	+	+	
+	+	+		+	+	+	
+	+	+	+	+	+	+	
+	+	+	+	+	+	+	
Hoppe-Seyler, Fredericq etc. und von mir.	*Davy, Hantz, Marchand* etc. und von mir.	Cf. Tabelle auf S. 17 ff.	*Gorup-Besanez, Voit, Plateau, Fredericq, Carus.*	für die Wirbellosen größtentheils nach eigenen Untersuchungen.			*Hilger, Frémy, Städeler, Hoppe-Seyler, Berthelot* etc.

In scharfsinniger Weise hat *Gegenbaur* verstanden, das Formelle von dem Functionellen, das Morphologische von dem Physiologischen, das Homologe von dem Analogen im Begriffe zu scheiden. Beides vorzeitig wiederzuvereinigen, physiologische Daten gegen morphologische an Werth abzuwägen, um darnach die systematische Eintheilung der Thierformen zu treffen, erscheint wohl Vielen nicht mit Unrecht verwerflich.

Ueber thierische Farbstoffe und deren physiologische Bedeutung.

(Hierzu Tafel I u. II.)

Die von den lebenden Wesen gebildeten Pigmente, die Veränderungen, welche diese von ihrem Entstehen bis zu ihrem Verschwinden und auf den verschiedenen Entwicklungsstufen des Organismus erleiden, beanspruchen aus mehrfachen Gründen ein eingehendes vergleichend-physiologisches Studium. Bald dienen sie uns als Wegweiser bei der Erforschung der normalen Reaction der Gewebe[1]), deren directer Nachweis mit vielen Schwierigkeiten zu kämpfen hat, bald erhalten wir durch die Kenntniß von der Vertheilung, von der Mischung verschiedener Farbstoffe und ihren Metamorphosen den Schlüssel für das physiologische Verständniß der merkwürdigsten Anpassungserscheinungen (mimicry), bald gestattet uns der Erfolg ihres Studiums einen Einblick in das Getriebe eines ganzen Mechanismus — der Athmung (Hämoglobin, Tetronerythrin), der Verdauung (Actinienfarbstoffe), der Assimilation und Kohlensäurezersetzung (Chlorophyll) — zu werfen, bald gewinnen wir durch den chemischen und physikalischen Vergleich der Pigmente verschiedener Thiere und Pflanzen einen,

[1]) Es kann unmöglich etwas ganz Zufälliges sein, daß gerade die Actinien (Actinia mesembryanthemum, Cerianthus), bei welchen ich nur ein die Albuminstoffe peptisch verdauendes Enzym antraf, roth gefärbt sind, während die Arten, bei welchen sich ein tryptisches Enzym findet (Anthea cereus, Sagartia troglodytes und parasitica), in grünen, gelben oder braunen — niemals in den für die erste Classe charakteristischen rothen Farbentönen auftreten.

wenn auch noch so geringen Aufschluß über die Besonderheiten und Uebereinstimmungen des Stoffumsatzes, der Verarbeitung des Nährmateriales in dem lebenden Pflanzen- und Thierkörper.

Die dunkelgrüne resp. dunkelgelbe Farbe des Verdauungssaftes einiger Würmer und das Vorkommen echten Hämoglobins in ihrem Blute (Lumbricus, Arenicola etc.) oder ihrer Ganglienkette (Aphrodite) machten mir Hoffnung in den Lebersecreten dieser Würmer die für die Wirbelthiere typischen Gallenfarbstoffe aufzufinden. Lumbricus, welcher in dieser Beziehung die meiste Aussicht auf Erfolg versprach, war schon von *Hoppe-Seyler*, später auch von *Fredericq* mit durchaus negativem Resultate auf Gallenfarbstoffe und Gallensäuren mittelst der *Gmelin*'- und *Pettenkofer*'schen Reaction geprüft; ich vermag ihre Angaben für Lumbricus complanatus nur zu bestätigen. Bei Aphrodite aculeata, wo nach *Ray Lankester*'s Entdeckung der Bauchstrang hämoglobinhaltig ist, besitzt das im Darme fast zu jeder Zeit in reichlicher Menge angesammelte Lebersecret eine dunkelgrüne Farbe; diese erhält sich bei Glycerinzusatz, dem Alkohol hingegen ertheilt das Lebersecret eine unansehnliche gelbe Färbung. Ich habe sowohl den mit Glycerin verdünnten als den im Alkohol gelb gewordenen Verdauungssaft dieses Borstenwurmes spectroskopisch untersucht, die für die echten Gallenfarbstoffe bezeichnenden Absorptionsbänder aber nicht wahrgenommen. Beide Lösungen zeigten starke Absorption von violettem und blauem Lichte, auch das Grün wurde theilweise absorbirt, ein definirbares Absorptionsband konnte aber bei keinem Concentrationsgrade der Flüssigkeit beobachtet werden.

Der durch Glycerinzusatz conservirte Darmsaft von Spirographis Spallanzanii läßt ein breites, sehr dunkeles Absorptionsband erkennen, welches zum bei Weitem größten Theile vor *D* liegt und über die *D*-linie nur um ein Geringes nach dem violetten Ende hinausreicht (Taf. I, Nr. 5). Es coïncidirt dieses

Band genau mit der bei *D* befindlichen Absorption der Spectren, welche ich von zwei Tage alter Rindsgalle und ihrem alkoholischen Auszuge abgebildet habe [1]), und von der eine Andeutung auch im Spectrum des alkoholischen Extractes der Eledoneleber vorhanden ist.

Vergleicht man die Spectren der Leberauszüge resp. der Lebersecrete verschiedener Wirbelloser, so überzeugt man sich leicht von der großen Verschiedenheit der sie färbenden Bestandtheile. Ohne Beziehung zu den einzelnen Typen und Classen treten Pigmente, welche auf Grund spectroskopischer und chemischer Untersuchungen identificirt werden müssen, bei organisatorisch sehr abweichenden Formen auf, und bei nahe verwandten Arten sind die Farben oft auffallend verschieden. Deßhalb ist uns auch noch nicht jede Hoffnung genommen, bei Wirbellosen die echten Gallenfarbstoffe aufzufinden, obschon alle bislang in dieser Richtung gemachten Versuche resultatlos geblieben sind.

Aber noch lehrreicher als das Vorkommen des Hämoglobins bei Anneliden, Gastropoden, Crustaceen, (Daphnia, Cheirocephalus) und Insecten (Chironomuslarven), als das in Frage stehende Auftreten der Gallenfarbstoffe bei Wirbellosen dürfte für die Uebereinstimmung der Farbstoffproduction bei Vertretern verschiedener Typen die Verbreitung eines eigenthümlichen orangerothen Pigmentes sein, welches *Wurm* [2]) in der sog. „Rose", dem rothen warzigen Fleck über den Augen des Auerhahns, des Birkhahns etc. auffand und Tetronerythrin nannte. Der orangerothe Farbstoff, von welchem ich durch Behandlung verschiedener Suberiten (S. domuncula, massa und lobatus) mit Aether an-

[1]) Vgl. *Krukenberg*, Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II, Taf. 1.

[2]) *Wurm*, Zeitschr. f. wiss. Zoologie. 1871. Bd. XXI, S. 535.

sehnliche Quantitäten gewonnen habe, gleicht in allen chemischen Reactionen, welche damit ausgeführt sind, dem Tetronerythrin.

Der Suberitenfarbstoff ist fast unlöslich in kaltem und siedendem Wasser, in verdünnten Alkalien und Säuren; langsam löst er sich in kaltem oder siedendem Weingeist, besser in Glycerin, und leicht löslich ist er in Aether, Petroläther, Benzin, Chloroform und Schwefelkohlenstoff. In Schwefelkohlenstoff löst er sich mit weinrother Farbe; dem Chloroform, Aether, Petroläther und Benzin ertheilt er eine orange Färbung. Auf einem Porzellanscherben über freier Flamme vorsichtig erwärmt, schmilzt der Farbstoff und kann längere Zeit im Sieden erhalten werden, ohne daß er sich zersetzt. Beim Erkalten bildet er eine körnige Masse ohne krystallinisches Gefüge.

In Terpentinöl ist der orangerothe Farbstoff der Suberiten ebenfalls leicht löslich, doch erhält man damit selten eine klare Lösung. Ein Theil des Farbstoffes wird (wahrscheinlich durch das im Terpentinöl enthaltene Ozon) sofort zersetzt, es scheidet sich oft ein weißer Niederschlag ab, welcher sich bei offenem Stehen der Terpentinöllösung auch in völliger Dunkelheit mit der Zeit immerfort vermehrt, sodaß man sich anfangs auch durch Filtration keine haltbare Lösung verschaffen kann. Gleichzeitig wird die Flüssigkeit blasser und nach wenigen Tagen ist sie hellgelb gefärbt. Diese Gelbfärbung verschwindet aber aus der Terpentinöllösung im Dunkeln oder im Lichte selbst nach Monaten nicht. Ist die Terpentinöllösung des Farbstoffes von Suberites domuncula bis auf diesen beständigen Farbenton gebleicht, so zeigt sie regelmäßig zwei Absorptionsbänder (Taf. II, Nr. 7), welche sowohl der frisch angefertigten Lösung des Pigmentes in Terpentinöl als auch dem monatelang am Lichte und an der Luft gestandenen Terpentinöl, dessen ich mich bei meinen Versuchen bediente, durchaus fehlen. Deutlich und scharf abgesetzt (sowohl nach dem rothen wie nach dem violetten Ende des Spectrums

zu) ist das Band hinter *D*. Das zweite Absorptionsband, welches den Raum zwischen *E* und *b* nach beiden Seiten hin weit überragt, hebt sich in der Richtung auf *F* weniger scharf ab, da die Strahlen in dieser Gegend des Spectrums schon gleichmäßiger absorbirt werden.

Der bei Zersetzung des Farbstoffes im Terpentinöl entstehende Niederschlag löst sich leicht in Aether und ist vielleicht cholestearinartiger Natur.

Mit Natronlauge oder Salzsäure läßt sich das Tetronerythrin der Spongien unzersetzt zur Trockne verdampfen. Auch der Einwirkung von Salpetersäure widersteht es lange in der Kälte; wird es aber damit anhaltend erwärmt, so entfärbt und zersetzt es sich.

Das Tetronerythrin der Schwämme in krystallisirtem Zustande zu erhalten, glückte mir ebensowenig wie *Wurm* und *Hoppe-Seyler* mit dem Tetronerythrin der Waldhähne. Dem sich aus der Terpentinöllösung abscheidenden Zersetzungsproduct fehlt gleichfalls jedes krystallinische Gefüge.

E. Beese und ich erkannten bei der Spectraluntersuchung des Aetherextractes von Suberites domuncula ein starkes Absorptionsband zwischen *b* und *D*. Das violette Ende des Spectrums war weiter als bis zur Mitte des Abstandes zwischen *D* und *E* absorbirt (Taf. II, Nr. 6). In dem von uns beobachteten Absorptionsbande würde der einzige Unterschied gefunden werden können, welcher zwischen dem Suberitenfarbstoff und dem Tetronerythrin bestände. Meines Erachtens ist darin aber deßhalb kein stichhaltiges Unterscheidungsmerkmal gegeben, weil meine Aetherauszüge des sich im Uebrigen ganz gleich verhaltenden Farbstoffes von Suberites massa und lobatus das Absorptionsband bei keiner Concentration erkennen lassen. Meine Aetherauszüge von diesen beiden Suberiten verhalten sich spectroskopisch genau so, wie die Lösung des Tetronerythrins nach

Hoppe-Seyler's Untersuchung[1]). In der Schwefelkohlenstofflösung des eingedickten Aetherextractes von Suberites domuncula vermißte ich ebenfalls dieses Absorptionsband; das Roth war über *C* hinaus gleichmäßig absorbirt. Ob das Absorptionsband, welches wir in dem Aetherauszuge von Suberites domuncula beobachten konnten, einem nur accidentellen Körper angehört oder unter gewissen Umständen dem Tetronerythrin eigen ist, ließ sich nicht entscheiden.

Wie mich meine mit den Aetherextracten von anderen Spongien (Chondrosia reniformis, Aplysina aërophoba) ausgeführten Belichtungsversuche lehrten, scheint das Tetronerythrin in dieser Thierclasse eine große Verbreitung zu besitzen. Auch bei Clathria coralloides und verschiedenen Myxillen wird sich vielleicht das Tetronerythrin oder ein diesem wenigstens sehr nahe verwandter Farbstoff in ziemlich reinem Zustande finden.

Weder Mangan noch Eisen noch Kupfer vermochte ich in den veraschten Aetherauszügen des Suberitenfarbstoffes nachzuweisen.

Ueber die große Lichtempfindlichkeit des aus den Spongien dargestellten Tetronerythrins habe ich schon im Vorhergehenden berichtet; hier bleibt nur noch zu erwähnen, daß sich aus den Bleichproducten weder durch Säuren (Salzsäure, Salpetersäure) und Alkalien (Ammoniak, Natron- und Kalilauge), noch durch Behandlung mit Alkohol, Aether, Chloroform oder Schwefelkohlenstoff das Tetronerythrin regeneriren läßt.

Als ich mich bemühte, die Anwesenheit des Ozons bei den Schwämmen darzuthun, da war mir die Eigenschaft des Tetronerythrins: durch Ozon rasch zersetzt zu werden, ebenso unbekannt wie das Vorkommen dieses Farbstoffes bei den Suberiten; der ozonartige Geruch vieler Spongien bestimmte mich allein, den

[1]) *Hoppe-Seyler*, Handb. d. physiol.- u. pathol.-chemischen Analyse. 4. Aufl. Berlin 1875. S. 221.

Ozonnachweis zu versuchen. Ich war vor Beginn dieser Versuchsreihen fest überzeugt, daß sich in der Luftschicht über den Schwämmen das Jodkaliumstärkepapier sowie das Guajakharz bläuen würden, und ich knüpfe trotz meiner rein negativ ausgefallenen Ergebnisse diese Erwartung an spätere, unter günstigeren Verhältnissen angestellte Untersuchungen noch heute. Ein mir jetzt wesentlich erscheinender Factor, das Licht, blieb bei meinen Beobachtungen am Meere völlig unbeachtet; denn da meine Belichtungsversuche jüngeren Datums sind, so konnte ich damals noch nicht wissen, daß der Suberitenfarbstoff am Lichte so leicht verändert wird. Ich zweifle nicht, daß auf Grund meiner jüngsten Erfahrungen, welche ich am Meere nicht hinreichend ausnutzen konnte, späteren Untersuchern der Nachweis gelingen wird, daß die Spongien mittelst ihres Gehaltes an ätherischen Oelen befähigt sind, den Sauerstoff der Luft zu ozonisiren, daß ferner dem Tetronerythrin für diese Organismen eine wichtige Bedeutung in Betreff der Anbildung neuen Körpermateriales zukommt, daß, während bei den Wirbelthieren die Sauerstoff bindende und, wie zum Beispiel *Schönbein* wollte, zugleich den Sauerstoff ozonisirende Substanz (Hämoglobin) durch den Blutstrom fortwährend mit den lebenden Geweben in Contact gebracht wird, bei den Schwämmen ein Sauerstoff absorbirender und ozonisirender Stoff (ätherisches Oel) in den lebenden Geweben selbst abgelagert ist. Wie unter Kohlensäurezerlegung aus dem lebenden Chlorophyll die nothwendigsten Bausteine des Pflanzenkörpers hervorgehen, so wird sich bei den Suberiten und vielleicht noch bei vielen anderen Schwämmen das Tetronerythrin unter Verbrauch des im Schwammkörper selbst producirten Ozons in Stoffe transformiren, welche für ihren Organismus, für den Fortbestand ihres Lebens und ihr Wachsthum keinen geringeren Werth haben als die Kohlehydrate und die Fette für die lebende Pflanze.

Lichtempfindliche, vom Tetronerythrin aber durchaus verschiedene Farbstoffe sind von mir bei Hircinia variabilis[1]) und in der Rinde von Steletta Wagneri aufgefunden. Die Glycerinauszüge dieser Schwämme zeichnen sich durch eine starke Fluorescenz aus, welche ebenso wie die Rosafarbe des Glycerinauszuges im directen Sonnenlichte sehr bald verschwindet. Seitdem man gefunden hat, daß Algen auf den Spongien schmarotzen, mit ihrem Thallus tief in diese eindringen und sie durchwachsen, könnte man glauben, daß die fluorescirenden Farbstoffe der Hircinia und Steletta aus parasitischen Algen stammen und nicht den Schwämmen eigenthümlich sind. Aus den roth gefärbten Algen (Rhodophyllis spathulifera *Rt.* u. a. A.), welche ich mühsam aus der Rindenschicht einer Steletta Wagneri herauslöste, vermochte ich aber keinen fluorescirenden Glycerinauszug zu gewinnen und zweifle deßhalb nicht, daß der Farbstoff von den Schwämmen selbst gebildet ist und nicht den Algen angehört. Ueberdieß lehrt der Vergleich des Spectrums von dem Hirciniafarbstoffe (Taf. II, Nr. 4 u. 5) mit denen der untersuchten Chlorophyll- und Algenfarbstoffe, daß ersteres mit letzteren unmöglich in irgend eine Beziehung zu bringen ist. Der grüne alkoholische Auszug von Hircinia variabilis, der gelbe von Ancorina verrucosa, Steletta Wagneri und Tethya Lyncureum, der braune von Tedania digitata zeigen keine definirbare Absorptionsbänder; der alkoholische Auszug letztgenannter Spongie absorbirt das Roth bis zwischen *B* und *C* und die Strahlen des violetten Endes bis unmittelbar vor *b*. Die Absorptionsgrenzen des alkoholischen Extractes von Clathria coralloides reichen einerseits bis hinter *C*, anderseits bis *E* und die des Glycerinauszuges von Steletta Wagneri (ebenso verhält sich das schöngelbe Glycerinextract von Tethya Lyncureum) im Roth bis

[1]) *Krukenberg*, Ueber die Enzymbildung etc. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II, S. 341 Anm. 3.

B und im Grün bis *E*. Der dunkelviolette Glycerinauszug von Aplysina aërophoba hat gleichfalls kein Absorptionsband aufzuweisen; von den hindurchgeschickten Strahlen werden nur rothe, gelbe und ein Theil der grünen unabsorbirt hindurchgelassen.

Der Farbenwechsel bei Insecten hat schon zu manchen Discussionen Veranlassung gegeben; der Wechsel der Nahrung, eine chemische Umsetzung und Verfärbung des Farbstoffes durch Wärme oder Licht wurden zur Erklärung herangezogen. So viel mir bekannt geworden ist, sind aber Belichtungsversuche mit Insectenfarbstoffen bislang noch nicht vorgenommen. Durch eine Abhandlung von *Leydig* auf das zur Herbstzeit eintretende Vergilben und Rothwerden der grünen Heuschrecken aufmerksam gemacht, versuchte ich der Ursache dieser auffälligen Erscheinung experimentell näher zu treten.

Die erste Frage, welche entschieden werden mußte, war die: Stammen die Farbstoffe der Heuschrecken direct von der aufgenommenen Nahrung ab, besteht das in den Geweben deponirte Pigment aus reinem Chlorophyll resp. aus einer chlorophyllartigen Substanz, oder ist es eine eigenartige, ein Product des Organismus? Ebenso nothwendig blieb ferner zu untersuchen, ob die Färbung dieser Thiere durch einen einzigen oder durch verschiedene Farbstoffe bedingt wird.

Es läßt sich zeigen, daß 1) das Colorit der gemeinen grünen Feldheuschrecken der Effect mehrerer, durch Lösungsmittel trennbarer Pigmente ist. Behandelt man nämlich die grünen, mehr oder weniger bräunlichen Thiere mit Aether, so färbt sich dieser gelb, und die Heuschrecken werden cochenilleroth. Erwärmt man sie mit Alkohol oder Wasser, so geht der mehr oberflächlich abgelagerte, olivengrüne Farbstoff zuerst in Lösung, und die Thiere werden wie nach Aetherbehandlung roth. Dieses Rothwerden beruht nicht auf einer Umwandlung des gelbgrünen Farbstoffes in

einen rothen, sondern lediglich darauf, daß ersterer durch das Lösungsmittel ausgezogen und dadurch das verdeckt gewesene Roth sichtbar wird. Die Richtigkeit dieser Auffassung verbürgen folgende Versuchsergebnisse:

Erwärmt man die grünen Heuschrecken (am besten verwendet man zu diesen Experimenten die ausgeweideten Thiere oder ihre lebhaft gefärbten Flügel) ohne Zusatz von Flüssigkeiten in einem Thermostaten, so verschwinden beide Farbstoffe (der olivengrüne und der rothe) mit zunehmender Temperatur gleichzeitig und zwar erst bei einer Hitze, welche die Gewebe verkohlen macht. Der Verdampfungsrückstand des Aetherauszuges kann ohne Zersetzung seines Pigmentes über freiem Feuer zum Schmelzen gebracht und längere Zeit im Sieden erhalten werden; die alkoholischen und wässerigen Lösungen des gelbgrünen Heuschreckenfarbstoffes endlich entfärben sich weder, noch röthen sie sich bei Siedetemperatur. Der beste Beweis dafür, daß der in Aether mit gelber Farbe lösliche Körper beim Erwärmen nicht in den rothen Farbstoff übergeht, wird aber durch folgende Beobachtungen geliefert:

Bei Locusta viridissima bemerkt man bei genauer Betrachtung unter der grüngefärbten Schicht der Flügel, der Beine und der übrigen Körperoberfläche nur stellenweise rothe Fleckchen; einige Felder der äußeren chitinösen Hülle sind ausschließlich grün tingirt. Erwärmt man Stücke von dieser Heuschrecke mit Alkohol oder Wasser, oder extrahirt man sie mit Aether, so geht zwar auch die grüne Färbung verloren, aber die mehr oder weniger circumscripte Röthung erscheint alsdann nur an den Punkten, welche man schon vor der Behandlung unter der grünen Decke an ihrer rothen Farbe erkannte. Noch besser lassen sich diese Controlversuche an Mirbius viridis ausführen, dessen blattgrünes Colorit oft durch keinen anderen Farbstoff getrübt ist, und dessen grünes Pigment sowohl spectroskopisch als

auch in den damit angestellten chemischen Reactionen mit dem grünen Heuschreckenfarbstoffe durchaus übereinstimmt. Die genauere Schilderung dieser Versuche war schon deßhalb erforderlich, weil *Frémy* und *Valenciennes* in den frischen Hummereiern ein Chromogen gefunden haben, welches beim Erhitzen, beim Trocknen, bei der Behandlung mit Alkohol und wasserentziehenden Salzen, ja selbst schon beim Reiben im luftleeren Raume roth wird.

Das Aetherextract des grünen Heuschreckenfarbstoffes löst sich in verdünnten Alkalien mit dunkelgelber Farbe und wird durch Salpetersäure in der Kälte anfangs grün, später völlig entfärbt. Die durch Salpetersäure bewirkte Grünfärbung wird voraussichtlich darauf beruhen, daß der Aetherauszug nicht ein, sondern mehrere (wenigstens zwei) Pigmente enthält. Meine Belichtungsversuche machen diese Vermuthung sehr wahrscheinlich.

Tränkt man einen Papierstreifen mit dem stark gefärbten Aetherextracte und exponirt ihn, wenn der Aether sich vollständig verflüchtigt hat, zur Hälfte dem directen Sonnenlichte, während man die andere Hälfte durch ein aufgelegtes Metallstückchen dunkel hält, so erkennt man schon nach kaum 10—20 Minuten, daß in der belichteten Hälfte der mit Grün vermischte orangegelbe Farbenton des Aetherextractes theilweise zerstört ist. Soweit wie das Papier belichtet wurde, ist es schmutzig grün geworden, während die dunkel gehaltene Hälfte ihr ursprüngliches Colorit bewahrt hat. Nach 1—2stündiger Belichtung werden bei intensiver Färbung des Papiers die Unterschiede sehr auffällig, doch gelingt es nicht, durch mehrtägige Belichtung auch das Grün zum Verschwinden zu bringen[1]).

[1]) Die dem Papiere durch das Aetherextract ertheilte Färbung war bei meinen Versuchen eine äußerst kräftige, das der Lichtwirkung widerstehende Grün aber sehr schwach. Ich nehme deßhalb an, daß die grüne Färbung der Heuschrecken und der Mirbius vorwiegend durch den lichtempfindlichen, in Aether etc. mit gelber Farbe sich lösenden Körper veranlaßt

Nach diesen Erfahrungen ist es mir sehr wahrscheinlich geworden, daß dem Lichte ein wesentlicher Einfluß auf die natürliche Färbung der Heuschrecken zukommt, daß es die Lichtwirkung ist, welche diesen Thieren, ihrer Umgebung entsprechend, im Sommer ein grünes, im Herbste ein rothes Gewand verleiht.

Daß zweitens der durch Aether, Alkohol und Wasser extrahirbare grüne Heuschreckenfarbstoff kein chlorophyllähnlicher Körper ist, lehrt die spectroskopische Untersuchung. Absorptionsbänder zeigt das Spectrum des ätherischen Auszuges von den gemeinen grünen Grashüpfern ebensowenig, wie das von Locusta viridissima oder wie das von der alkoholischen Lösung des Mirbiusgrüns. Alle diese Flüssigkeiten absorbiren die violetten, blauen und einen Theil der grünen Strahlen.

Obgleich der Bonelliafarbstoff erst in jüngster Zeit von *Schenk*[1]) spectroskopisch untersucht ist, so hielt ich es doch wegen der Wichtigkeit, welche die Kenntniß dieses Farbstoffes für die Deutung meiner über die Kohlensäurezersetzung an den Bonellien ausgeführten Untersuchungen hatte, für nothwendig. mich selbst von der Genauigkeit der *Schenk*'schen Angaben zu überzeugen. Ich war nicht wenig überrascht, als ich fand, daß das von *Schenk* für das Bonelleïn — so werde ich in Uebereinstimmung mit *Sorby* diesen Farbstoff fernerhin nennen — gezeichnete Spectrum ungenau und mangelhaft dem gegenüber erschien, welches ich an dem alkoholischen Auszuge beobachtete. Wie man sich durch Vergleich des von mir (Taf. I, Nr. 6) mit dem von *Schenk* entworfenen Spectrum leicht überzeugen

wird. Diese Annahme stößt auf keine physikalische Bedenken; sehen wir doch z. B. auch bei den Chamäleonen ein schönes, reines Grün durch eine bestimmte Anordnung des gelben Pigmentes zu Stande kommen.

[1]) *Schenk*, Sitzungsb. der Wiener Acad. Bd. LXXII Abth. II. Oct.-Heft 1875.

wird, stimmen das *Schenk*'sche I. und II. Band der Lage nach sehr schlecht mit den Absorptionsbändern überein, welche ich davon erhielt, und außerdem scheinen zwei in meinem Spectroskop sehr deutliche, zwar viel weniger dunkele Bänder als die um *D* und zwischen *E* und *b* erscheinenden von *Schenk* übersehen zu sein.

Soviel wir z. Z. wissen, ist dieses Spectrum dem Bonelleïn eigenthümlich, und nichts berechtigt dazu, jedes einzelne Absorptionsband desselben mit irgend einem ähnlicher Lage und ähnlicher Stärke eines ganz beliebig anderen Farbstoffes zu vergleichen. Das Resultat der spectroskopischen Untersuchung verbürgt uns, daß das Bonelleïn ein besonderer, wohl charakterisirter Farbstoff ist, den wir nur von der Bonellia her kennen, und der sonst weder bei Thieren noch bei Pflanzen aufgefunden wurde. Endlich verlangt der Bestand unserer gegenwärtigen Kenntnisse, welche wir von diesem Farbstoffe besitzen, ihn durch einen besonderen Namen von den übrigen grünen Körpern zu unterscheiden. Dieser Forderung gerecht zu werden, ist in Hinblick auf eine verbreitete fehlerhafte Verallgemeinerung dringend geboten; denn da trotz *Berthelot*'s überzeugendem Nachweis, daß das Tunicin keine Cellulose ist, noch Viele den Ascidien einen Cellulosegehalt zuschreiben, so wird es hier nicht weniger schwer fallen, das bereits eingebürgerte falsche Dogma zu beseitigen, dem gemäß die Bonellien Chlorophyll enthalten sollen. Aber in diesen findet sich — darin stimmen alle Forscher, welche den Farbstoff der spectroskopischen Analyse unterwarfen, überein — kein Chlorophyll, sondern Bonelleïn.

Tafel I und II.

Die Spectren sind durch die Bezeichnungen auf der Tafel hinreichend erläutert.

Ueber die Vertheilung des Wassers, der organischen und anorganischen Verbindungen im Körper wirbelloser Thiere.

„Drei große Stoffreihen sind es, welche in die Constitution der thierischen und pflanzlichen Körper eingehen, und welche bei der Lehre vom Stoffwandel vor Allem getrennt und berücksichtigt werden müssen: nämlich das Wasser, die organischen Verbindungen und die anorganischen Stoffe. Vom chemischen Gesichtspunkt aus betrachtet, ist die quantitative Zusammenordnung dieser drei Stoffreihen, ist das gegenseitige Verhältniß der in einem Thier, in einer Pflanze enthaltenen Wassermenge zu dem Gehalte derselben an festen Bestandtheilen, und in diesen letzteren wieder das Verhältniß der anorganischen zu den organischen Stoffen — sind, sage ich, diese Verhältnisse das allgemeinste Endresultat des ganzen thierischen wie pflanzlichen Stoffwechsels, sowie sie die allgemeinste Grundlage für die Berechnung der Richtung und Schnelligkeit des letzteren darstellen.

„Nichts ist wahrscheinlicher, als daß der Wechsel in den quantitativen Beziehungen jener drei Factoren zu einander ein ebenso gesetzmäßiger, ebenso typischer sei, als es die anatomische Structur der Organismen, als es die anatomischen Vorgänge der Formfolge und des Wachsthumes sind. Einem jeden Organisationstypus wird demnach eine ganz bestimmte, eine typische Vertheilung von Wasser, Salzen und organischen Stoffen entsprechen, sowie es keine Periode der Entwicklung im Leben des Einzelindividuums geben wird, die nicht ebenfalls durch eine ganz be-

stimmte, für diese Entwicklungsstufe typische Zusammenordnung der fraglichen Stoffreihen markirt wäre."

Diese einleitenden Bemerkungen schickt *Albert von Bezold*[1]) der Mittheilung seiner Untersuchungen über die Vertheilung von Wasser, organischer Materie und anorganischen Verbindungen im Thierreiche voraus.

An die Vervollständigung seiner Untersuchungen, an die mit allen Mitteln der Gegenwart ausgeführten, genaueren quantitativen Bestimmungen der organischen und anorganischen Bestandtheile der lebenden und todten Organismen knüpfen sich die schönsten Erwartungen in der Wissenschaft der generellen und comparativen Physiologie. Suchend nach einem prägnanten Beispiele für die verschiedene Wassercapacität ein und desselben Gewebes im lebenden und abgestorbenen Zustande, unternahm ich eine Reihe von Wasserbestimmungen an einigen Cölenteraten, welche in mehreren anderen Beziehungen noch fruchtbringend zu sein versprachen und deßhalb von mir auch auf Vertreter anderer Typen ausgedehnt wurden.

Wenn ich aber glaube, daß sich an die Untersuchungen über die Vertheilung von Wasser, organischer Materie und anorganischen Verbindungen im Thierreiche die schönsten Erwartungen in der vergleichenden Physiologie knüpfen, so gilt das meines Erachtens nur, wenn die zahlreichen Umstände genügend berücksichtigt werden, welche die Uebereinstimmung der genauesten Analysen verwischen, die Interpretation der Befunde erschweren und einen Vergleich mit anderen Thierformen nur ausnahmsweise gestatten.

Der von *Bezold* in Aussicht gestellte Einblick in die Aequivalentgewichte der drei großen Stoffreihen, welche, wie auch ich gern zugestehe, typisch für jeden Organismus, für jede Entwicklungsperiode sein werden, dürfte uns aber durch derartige Ge-

---

[1]) *Bezold, A. von*, Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. VIII. 1857. S. 487-524.

wichtsbestimmungen wenigstens bei der Mehrzahl der wasserbewohnenden Zoophyten, Echinodermen und Mollusken nicht vergönnt sein; denn es läßt sich bei vielen Wirbellosen nicht gehörig scheiden, was dem inneren und was dem äußeren Medium angehört, was von früherer Körpersubstanz der Außenwelt zurückgegeben ist, und was mit dem Organismus noch so innig zusammenhängt, daß es ihm zugerechnet werden muß.

Ich habe darauf aufmerksam gemacht, daß Bewegungserscheinungen an erectilen Gebilden bei Thieren sowohl durch eine Retention von Blut, als auch durch die Stauung einer mit Wasser verdünnten Körperflüssigkeit, ja selbst durch die Zurückhaltung fast reinen Meerwassers zu Stande kommen. Die in die Blutbahn der Mollusken, in die Ramificationen des cölenterischen Raumes der Zoophyten aufgenommene Wassermenge richtet sich nach äußeren Verhältnissen und ist dem Willen des Thieres unterworfen. Bei einigen landbewohnenden Gastropoden schwankt der Wassergehalt des Blutes und der Gewebe ohne Nachtheil für ihr Leben außerordentlich; nur einer zu starken Austrocknung entziehen sich mehrere Arten durch ein Verkleben ihres Gehäuses. Ebenso unempfindlich wie das Blut der Mollusken gegen eine Wasserbeimischung, ist das Thier gegen einen Blutverlust. *Leydig*[1]) wies wiederholt darauf hin, daß Schnecken (und ebenso verhalten sich manche Käfer), wenn sie berührt oder auf eine andere Weise gereizt werden, ein helles, resp. gefärbtes Fluidum ausstoßen, welches reines Blut ist. Die Mengen des aufgenommenen Wassers, des ausgespritzten Blutes machen bei einigen Arten einen ansehnlichen Procentsatz vom gesammten Körpergewichte aus, und übereinstimmende Resultate des Wassergehaltes sind deßhalb schon

---

[1]) *Leydig*, Lehrb. der Histologie. 1857. S. 394 u. 441.
— Zur Anat. der Insecten. *Müller's* Archiv 1859. S. 35.
— Zur Anat. u Physiol. der Lungenschnecken. Arch. f. mikr. Anat. Bd. I, S. 61.

bei diesen Formen an ein und derselben Species, trotz aller angewandten Cautelen kaum zu erzielen.

Noch mißlicher steht die Sache bei den Holothurien und Cölenteraten. Als ich die lederartige Haut bei einer 390 gr. schweren Holothuria tubulosa öffnete und die Leibeshöhlenflüssigkeit abfließen ließ, wog der Rest fester Substanz nur noch 159 gr. Dieses Beispiel scheint mir geeignet zu zeigen, ein wie großer Procentsatz des normalen Thieres aus fast reinem, nicht einmal an Zellen gebundenem Wasser bestehen und spontanem Wechsel unterliegen kann.

Bei den Actinien werden alle Bemühungen, übereinstimmende Resultate dieser Art zu erzielen, völlig illusorisch; ihre Tentakeln werden durch reines Meerwasser gespreizt erhalten, ihr ganzer Körper gewinnt seine Turgescenz durch eine verhältnißmäßig sehr beträchtliche Flüssigkeitsmenge, welche gleichfalls nicht viel mehr als reines Meerwasser ist und nach Belieben, ohne Schaden für das Thier entlassen wird. Man kann verschiedener Ansicht darüber sein, ob das vom Körper der Actinien imbibirte Wasser mehr dem Blute und der Lymphe höherer Thiere vergleichbar ist, sein Gewicht somit der Actinie zugerechnet werden muß, oder ob es als Meerwasser (ähnlich den Darmcontenten höherer Thiere) vor der Wägung sorgfältig zu entfernen und bei dieser unberücksichtigt zu lassen ist. Ich vertrete erstere Auffassung und werde meine Gründe dafür später auseinandersetzen. Den Anhängern einer jeden beider Ansichten würde voraussichtlich gleich gut genügt, wenn man, wie ich es auch in mehreren Bestimmungen ausgeführt habe, sowohl die frisch und schnell dem Wasser entnommenen, als die des Imbibitionswassers beraubten Actinien gesondert der Wägung unterwirft. Aber die Schwierigkeit liegt gerade darin, die spontane Wasserabgabe zu verhindern; denn sobald die Actinie berührt wird, contrahirt sie sich auch und entläßt dabei den bedeutendsten Theil ihres Wassers.

Für die tubicolen Würmer könnte eine ähnliche Controverse bestehen, ob man die bei einigen Arten aus organischer Substanz bestehende lederartige Hülle (Spirographis, Chaetopterus), bei anderen (Serpula, Spirorbis) rein kalkige Wurmröhre dem Thiere zuzurechnen und seinen lebenden Zellen an summarischem Werthe gleichzustellen hat. Obschon die Kalkhülse mehrerer Sabellen ein Product aus anorganischem Material ohne directe Zuthat von organischen Stoffen seitens der Sabella entstanden ist, die Scheide der Spirographis als ein keratinartiges Product sich nur unwesentlich von der bei anderen Thieren mit dem lebenden Körper in innigem, untrennbarem Zusammenhang bleibenden Epidermis unterscheidet, so zweifle ich nicht, daß selbst in Hinblick auf die Schleimhülse der Siphonostoma die Mehrzahl der Forscher sich dafür entscheiden wird, die Wurmröhren als Gehäusebildungen zu betrachten und bei den Untersuchungen unberücksichtigt zu lassen. Problematischer wird dieser Punkt schon bei den Mollusken, wo die mit dem übrigen Leibe meist wenig verbundene Schale bei einigen Arten, zwar sehr verkleinert, unter der Haut liegt. Die mannigfachsten Variationen hat aber in dieser Hinsicht die Classe der Cephalopoden aufzuweisen.

Bei einem Dintenfische, der Sepia officinalis, bildet sich von der Epidermis, der Cutis mit ihrer Chromatophorenschicht und dem unterliegenden Bindegewebe bedeckt eine mächtige, kalkreiche Schulpe aus, welche den ganzen Rückentheil des Thieres einnimmt; andere Dintenfische (Nautilus, Argonauta) fabriciren aus den Kalksalzen, welche ihren Körper passiren, ein geräumiges Gehäuse; bei einer dritten Art (Loligo) stützt den keilförmigen Körper eine Rückenplatte aus organischer Masse, und bei den sich kugelig aufblähenden, quetschballähnlich sich zusammenpressenden Eledonen mangeln endlich der nachgiebigen Körperwand alle knorpelartigen oder verkalkten Rückenschilder. Es ist klar, daß der Procentgehalt an Wasser, organischer und

anorganischer Substanz für diese verschiedenen Cephalopodenarten außerordentlich schwanken, und daß der Procentgehalt der vorwiegend lebensthätigen Gewebe, eine unter ihnen vielleicht bestehende chemische Uebereinstimmung in diesen Analysen keinen Ausdruck finden wird. Soll man deßhalb aber, um zu brauchbareren Resultaten zu gelangen, das Gehäuse der Argonauta, das Kalkblatt der Sepia, das Hornschild bei Loligo vorher entfernen und die so mit Eledone scheinbar vergleichbar gemachten Cephalopoden der Analyse unterwerfen? Das Ergebniß genauer Bestimmungen zu wissen, würde sicherlich, besonders wenn das der ersten Versuchsreihen bekannt wäre, äußerst interessant sein; aber ich glaube nicht, daß sich aus derartigen Untersuchungen ein specifischer Classencharakter ableiten lassen wird, denn durch Analysen, welche sich auf die Ausmittelung des Procentgehaltes der Thiere an Wasser, an anderen anorganischen und organischen Verbindungen beschränken, wird man nie für die Individuen Einer Art, für die Vertreter Einer Ordnung, Einer Classe oder Eines Typus in Hinsicht auf die Lebensenergie der Theile, des Stoffwandels, der Differenzen, welche zweifelsohne zwischen der chemischen Zusammensetzung der wahrhaft lebenden Gewebe bei den einzelnen Thierformen bestehen werden, vergleichbare Zahlen gewinnen.

Nur wenige protoplasmatische Gebilde vermögen den Lufteinfluß ohne membranöse Bekleidung zeitweise zu ertragen; der Wasserverlust nöthigt die lebendige Zelle, sich mit (für Wasser) undurchdringlichen Membranen zu umkleiden, und cytodische Formen können auf die Dauer hin nur in feuchten Medien fortbestehen. Aber nicht nur die äußere Bedeckung unterliegt in der Thierreihe großen Schwankungen in Stärke und Gefüge, sondern auch die Gerüstsubstanzen, welche die functionirenden Gewebe umscheiden und gegen einander abgrenzen, den einzelnen Theilen des Thierkörpers Stütze und Halt verleihen und in den lebens-

kräftigen Geweben des Organismus tief verborgen liegen, sind wechselvoll in allen Typen. Und wie der lebende Thierkörper befähigt ist, erstarrte Secrete, derbe Gewebslagen an geeigneten Orten sich zu erhalten, und diese als tragende Pfeiler, als schützende Decke auszunutzen weiß, so werden auch von bestimmten Geweben ganz bestimmte Stoffe organischer oder anorganischer Natur energisch angezogen, aufgespeichert und selbst dann nicht abgegeben, wenn sie in den übrigen Organen des Körpers, welche ihrer gleichfalls bedürfen, längst verbraucht, aus diesen längst entwichen sind.

Die multicellulären Organismen bauen sich auf aus Einzelindividuen von ungleicher Lebensdauer, von ungleichem Bestande. In diese Schwankungen des Zellenlebens werden wir uns einen Einblick verschaffen durch Gewichtsbestimmungen derart, wie sie *Bezold* vorgenommen hat, indem er Individuen verschiedenen Alters untersuchte. Solche Analysen hätten, wenn sie an einer genügenden Anzahl von Formen ausgeführt wären, einen ungemein großen Werth für uns, und ich zweifle auch nicht, daß es uns einstmals gestattet sein wird, über eine Fülle brauchbarer Versuchsreihen dieser Art zu verfügen. Aber wie schwer sind derartige Bestimmungen an Cölenteraten, Echinodermen und vielen anderen Meerbewohnern auszuführen; es wird sicherlich erst vieler Jahre bedürfen, um das genügende Beobachtungsmaterial zusammenzubringen.

Zur Zeit können uns aber diese Ueberlegungen davor behüten, den an einigen Individuen gut abgegrenzter Arten ausgeführten Bestimmungen des Wassergehaltes, der organischen und anorganischen Bestandtheile eine vergleichend-physiologische Bedeutung in bezeichneter Richtung beizulegen; in ihnen eine Basis zu sehen für Schlüsse auf die verschiedene Lebensdauer, den zeitlichen Bestand der Elementarorganismen, auf das Verhältniß zwischen lebhaft functionirender Masse und einfacher Stützsubstanz, auf das Elections- und Retentionsvermögen der Organelemente.

Soviel mir bekannt wurde, ist es aber bei niederen Wirbellosen überhaupt nicht versucht, die auffälligen Abweichungen, welche verschiedene Thiere in dem Verhältniß ihres Wassergehaltes zu dem der festen Bestandtheile aufweisen, mit Zahlen zu belegen.

Jedem mußte es zwar auffallen, wenn der Medusencoloß, zu dessen Transportirung es zweier Männer bedurfte, an der Luft zu einem winzigen Häutchen zusammenschrumpfte, welches der leiseste Hauch mit sich nimmt. Ueberraschen mußte es ferner, als sich ergab, daß die starre Knochenmasse nur einen geringen Gewichtstheil vom menschlichen Körper ausmacht, daß auch dieser dem Wasser den größten Theil seines Gewichtes verdankt. Trotzdem kein lebendes Gewebe wasserarm zu nennen ist, so markiren sich doch bei einigen Organismen die Unterschiede im Procentgehalt an Wasser und festen Bestandtheilen derart, daß ich erwarten durfte, ohne sorgfältige Auswahl der Versuchsthiere nach Alter und Größe, durch Bestimmungen des Wassers, der anorganischen und organischen Verbindungen einige Anhaltspunkte für das offenkundige Bestehen von physiologischen Differenzen bei organisatorisch nahe verwandten Thieren zu gewinnen, und ich glaube auch, durch die Ergebnisse wenigstens einiger Versuche Thatsachen gefunden zu haben, welche meinen Erwartungen vollständig entsprechen.

Rhizostoma Cuvieri.

Von einer 10 Kilogr. schweren Rhizostoma Cuvieri erhielt *Lesson* 30 gr. gallertiger Flocken. 20—30 Pfund schwere Quallen hinterlassen nach *Bronn*[1]) beim Vertrocknen kaum einige Loth, kleinere kaum einige Gran Rückstand. Weiter theilt uns *Bronn* mit, daß eine Meduse, ruhig in ein schmales Gefäß mit Weingeist

[1]) *Bronn*, Classen und Ordnungen des Thierreichs. Bd. II, S. 102.

gesetzt, rasch darin verfault, indem sie sich ihres Wassers entleert, das sich um sie sammelt und den leichteren Weingeist emporhebt, ohne sich damit zu mischen und ihm eine Berührung des Präparates zu gestatten.

Alle diese Angaben sind aber zu unvollständig und die Versuche zu wenig exact, als daß wir uns aus ihnen eine richtige Anschauung von dem Wassergehalte der Medusen zu bilden vermöchten. Ich führte deßhalb eine Bestimmung des Wassers, der anorganischen und organischen Bestandtheile an einer großen Rhizostoma Cuvieri aus, welche mir frisch gefangen überbracht, sogleich gewogen und auf 16 flachen Porcellantellern ohne Substanzverlust zerstückelt wurde. Unter beständigem Umrühren wurden die Portionen auf warmen Eisenplatten zur Trockne verdampft, die auf den Tellern zurückbleibenden Krusten sorgfältig gesammelt und auf dem Wasserbade so lange nachgetrocknet, bis das Gewicht annähernd constant war. Zu meiner Freude konnte die Bestimmung des Trockenrückstandes nach zwei Tagen anhaltender, ununterbrochener Arbeit ausgeführt werden. Die Arbeit war nicht nur eine sehr zeitraubende, sondern auch eine sehr mühsame gewesen; denn bei dem beständigen Rühren hatte ich unter den sich entwickelnden, flüchtigen Secretstoffen der Nesselkapseln, welche die Augen heftig thränen machen und die Nasenschleimhaut, ähnlich dem Veratrin und Euphorbiumharze, zum fortwährenden Niesen reizen, außerordentlich zu leiden. Alle diese Hindernisse, welche sich der Ausführung meines Vorhabens entgegenstellten, wurden aber glücklich überwunden; die Brühe brannte nicht an, und ein Verlust an Material durch etwaiges Zerbrechen der Teller war während des Abdampfens nicht eingetreten.

Die Wägung der lebenden Meduse habe ich zweimal vorgenommen und zwar einfach in der Art, daß ich sie direct aus dem mit Wasser gefüllten Kübel, in welchem sie sich befand, in eine Porcellanschale auf der Waage bringen ließ, ohne ihr vorher

durch Abtrocknen, Abreiben mit Filtrirpapier das anhaftende und das von ihr möglicherweise in den cölenterischen Raum aufgenommene Meerwasser zu entziehen. Zu meiner Ueberraschung differirten beide Wägungen nur um etwa 50 gr., welche von dem Gewichte der Rhizostoma (5750 gr.) nicht einmal ein Procent ausmachen; beide Wägungen dürfen deßhalb als unter sich übereinstimmend angesehen werden. Was während der Wägung und eine halbe Stunde nach derselben von der Meduse an Flüssigkeit abgegeben wurde, machte überdieß gar nicht den Eindruck von Meerwasser, sondern hatte eine schleimige Beschaffenheit und ist meines Dafürhaltens ein ebenso integrirender Bestandtheil des Medusenkörpers, wie das Blut und die Lymphe von dem menschlichen Organismus.

Wie bei allen später zu besprechenden Bestimmungen betrachte ich den Substanzverlust, welcher nach dem Abdampfen und nach hinreichend langer Erwärmung auf 100° C. im Wasserbade eintritt, der Kürze wegen als Wasser; außer Wasser sind durch das bis zur Trockne fortgesetzte Erwärmen aber auch flüchtige Stoffe (ätherische Oele bei den Schwämmen, flüchtige Bestandtheile aus dem Secrete der Nesselkapseln bei den übrigen Cölenteraten etc.) mitentfernt, welche sicherlich aber nur einen äußerst geringen Bruchtheil dem Wasser gegenüber ausmachen und deßhalb wohl ganz unberücksichtigt bleiben können. Wie es allgemein üblich ist, bezeichne ich den Aschenrückstand als anorganische Stoffe, die Trockensubstanz nach Abzug der Asche als organische Materie; auch dieses ist bekanntlich nicht ganz genau, da bei anhaltendem Glühen unter Wasserverlust anhydrische Salze gebildet zu werden und Umsetzungen anderer Art dabei ebenfalls einzutreten pflegen.

Die unverletzte, rasch aus dem Wasser gehobene und der Wägung unterworfene Rhizostoma Cuvieri wog 5750 gr. Sie hinterließ einen Trockenrückstand von 265 gr. Dieser wurde

verrieben, gut gemischt und 11,21 gr. davon verascht. Das völlig weiße Glühproduct wog genau 7,32 gr.; darnach würde sich der Gehalt an anorganischen Bestandtheilen für den gesammten Trockenrückstand auf 172,95 gr. belaufen. Es bestand also diese Meduse aus 4,608 % festen Substanzen und aus 95,392 % Wasser. Der Trockenrückstand enthielt in hundert Theilen 65,3 anorganische und 34,7 organische Stoffe; nur 3 % des Medusenkörpers verblieben demnach in der Asche. Aus zwei anderen Veraschungen, die eine mit 14,373 gr., die andere mit 8,52 gr. Trockenrückstand ausgeführt, berechnet sich der Gehalt an anorganischen Stoffen für die 5750 gr. schwere Rhizostoma auf 3,02 % (nach der ersten dieser beiden Analysen) und auf 2,884 % (nach der zweiten).

Ein 127 gr. schwerer Würfel, welchen ich aus der am festesten gefügten Gewebsmasse des Rhizostomakörpers angefertigt und vor der Wägung an der Außenfläche sorgfältig abgetrocknet hatte, besaß kaum einen größeren Procentgehalt an festen Stoffen. Als er im Wasserbade zur Trockne verdampft, der sehr hygroskopische Trockenrückstand im Exsiccator abgekühlt und rasch gewogen war, betrug das Gewicht 6,3 gr. Er bestand also aus 4,961 % festen Stoffen und 95,039 % Wasser; denn 120,7 gr. waren von dem Würfel beim Eintrocknen verdampft. Nach der Veraschung des Trockenrückstandes hinterblieb eine weiße Schmelze von 3,9 gr. Gewicht. Die anorganischen Stoffe machten demnach von dem festen Rückstande 61,905 %, die organischen dagegen 38,095 % aus. Nur 2,4 % der dichtesten Theile des Rhizostomakörpers bestand aus anorganischer Materie. Setzen wir das Ergebniß der von *Salvetti* an dem Meerwasser bei Triest ausgeführten Analyse als richtig voraus, so ist das Medusengewebe an anorganischen Substanzen etwa 1 % ärmer als jenes.

Eine Vorstellung von dem geringen Gehalte des Medusenkörpers an fester Materie, von dem außerordentlichen Quellungs-

zustande seines organischen Substrates gewinnen wir vielleicht, wenn wir uns vergegenwärtigen, wie verhältnißmäßig reich an festen Bestandtheilen selbst viele Körperflüssigkeiten bei den höher organisirten Thieren sind. So fand z. B. *C. Schmidt* im Blutplasma eines 25jährigen Mannes über 9,84 % feste Stoffe. Das Plasma des Pferdeblutes enthält nach *Hoppe-Seyler* 9,16 %, die Pericardialflüssigkeit des Menschen nach *Gorup-Besanez* über 4,48 % und der Hydrops pleurae nach *C. Schmidt* 6,4 % feste Substanzen. Es fehlen zwar auch bei den höchst organisirten Formen Gewebe mit äußerst geringem Procentsatz an fester Materie nicht; der Glaskörper des Auges z. B. enthält nach *Lohmeyer*'s Analyse nur 1,36 % feste Bestandtheile. Und während im Körpergewebe der Medusen, in dem Glaskörper der Wirbelthiere etc. Theile des lebenden Organismus normal mit großen Wassermengen getränkt sind, so gibt es anderseits Gewebe, welche, so lange sie im lebenden Körper verbleiben, nur ein minimales Volumen, nur ein minimales Gewicht dem Zustande gegenüber bewahren, in welchen sie nach Abtrennung vom übrigen Organismus durch Wasseraufnahme unter geeigneten Verhältnissen übergehen. Die eingetrocknete Meduse nimmt, in Wasser gelegt, nicht annähernd die pralle Beschaffenheit, das Volumen und das Gewicht des normalen Thieres wieder an. Es ist das lebende Gewebe, die lebende Protoplasmamasse des Medusenkörpers, von denen das Wasser angezogen und gebunden wird; sobald die Meduse stirbt, entleeren ihre Zellen allmählich das aufgespeicherte Wasser; denn die todte organische Masse ist nicht im Stande, sich so energisch wie das lebende Gewebe mit Wasser zu imbibiren. Gerade deßhalb scheint es mir interessant, hier ein Gewebe von entgegengesetztem Verhalten vergleichsweise heranzuziehen, welches bereits von *A. Böttcher* [1]) und *Ferd.*

[1]) *Böttcher*, Ueber den Bau und die Quellungsfähigkeit der Froscheileiter. *Virchow*'s Archiv. 1866. Bd. 37, S. 174.

Cohn [1]) zum Gegenstande meinen entsprechender Bestimmungen gemacht ist. Es sind die zu einer gewissen Zeit ihrer Entwicklung mit einem außerordentlichen Quellungsvermögen begabten Froscheileiter. In Wasser gelegt, schwellen dieselben sehr bedeutend an und erhalten das Ansehen einer milchweißen, später farb- und structurlosen, durchsichtigen Gallerte. *Böttcher* schreibt dieses Aufquellen der Froscheileiter dem enormen Quellungsvermögen ihrer Zellen zu und fand für das frisch präparirte Organ ein Durchschnittsgewicht von 9,3 gr. Nachdem die Eileiter aber über ein Liter Wasser eingesogen hatten, wogen sie 1025 gr. Ein frischer Eileiter enthält nach *Böttcher* 17,8 % Trockensubstanz und 82,2 % Wasser, im Maximum der Aufquellung dagegen 0,15 % Trockensubstanz und 99,85 % Wasser. In *Cohn*'s Versuchen wogen die den 9. Nov. aus einem lebenden Frosch herauspräparirten, 1,25 gr. schweren Eileiter nach vier Tagen 10,8 gr., am 14. Nov. 23,75 gr., am 16. Nov. 33,75 gr. und am 20. Nov., wo die Eileiter zu einem farblosen, zähen Schleim aufgelöst waren, und der Versuch beendet wurde, hatten sie bereits 50 gr. Wasser aufgesogen.

Der Vergleich der wasseraufsaugenden Eigenschaft der Gewebe, welche den Medusenkörper aufbauen, mit der des Froscheileiters liefert uns ein schönes Beispiel für das verschiedene Verhalten der Gewebe, je nachdem sie als Theilstücke des lebenden Organismus functioniren oder von diesem abgetrennt sind. Die Wasseraufnahme, die wasserbindende Kraft ist für das lebende Protoplasma verschiedener Zellen äußerst verschieden: in einem Falle bedarf es nur des tactilen Reizes, um das Wasser aus den Zellen entweichen zu lassen (Mimosa pudica), in einem anderen verliert die vom übrigen Körper losgelöste Zelle sehr bald die Fähigkeit, ihr Wasser festzuhalten (Rhizostoma), und in einem

---

[1]) *Cohn*, Ueber Sternschnuppengallert. Naturforscher. 1869. S. 62—64.

dritten Falle ist dem Vermögen der Zelle, enorme Wassermengen in sich aufzuspeichern, während ihres Verweilens im Organismus bei weitem nicht genügt (Froscheileiter); da sich das Imbibitionsvermögen an den Geweben letzterer Art noch lange Zeit nach der Abtrennung vom übrigen Körper erhält, so ist es uns aber möglich, das Maximum der Quellung an ihnen experimentell zu erzeugen. Wir gewinnen durch diese Beispiele die Ueberzeugung, daß im lebenden Organismus regulatorische Apparate existiren, welche den Wasserzutritt zu den einzelnen Theilen regeln, dem Wasserverluste entgegenwirken, und daß diese Regulation für verschiedene Zellen, unabhängig von dem chemischen Substrate des todten Zellenleibes, auffallende Verschiedenheiten bietet.

Und daß das Retentionsvermögen nicht nur für Wasser bei verschiedenen Zellen oft ein sehr verschiedenes ist (während die Wassercapacität ein und desselben Gewebes bei verschiedenen Individuen einer Art physiologisch meist nur geringen Schwankungen unterliegt), sondern daß eine gleiche Verschiedenheit auch für die in den Zellen deponirten und für ihre Existenz nothwendigen Eiweißstoffe besteht, ergibt sich z. B. aus *Voit*'s bekannten Bestimmungen des Verlustes an fester Substanz, welchen die Organe einer verhungerten Katze erlitten hatten. Die Thatsache, daß im Hungertode das Fett frühzeitig aus dem normalen Fettgewebe, nicht aber aus den Lipomen verschwindet, lehrt fernerhin, daß auch das Fett von histologisch sehr ähnlichen Geweben verschieden energisch festgehalten wird, und zahlreiche bei chronischen Vergiftungen gesammelte Erfahrungen erlauben uns endlich, verschiedenen Zellen ein verschiedenes Retentionsvermögen auch für anorganische Stoffe zuzuschreiben. Die Toxicologie, mehrere pathologische Erscheinungen (z. B. die verschieden starke Durchtränkung der einzelnen Gewebe mit den Gallenbestandtheilen beim Icterus), die Gewichtsbestimmungen des Gehaltes der frischen Organe an Wasser und an festen Substanzen liefern uns ander-

seits genügende Belege dafür, daß jeder lebenden Zelle auch ein gewisses Wahlvermögen zukommt, und daß die Aufnahme des Nährmaterials nicht eine einfache Ernährung per diffusionem ist. Für diese bislang wenig beachteten Gesichtspunkte dürfte den folgenden Analysen, welche von mir größtentheils an Cölenteraten ausgeführt sind, vielleicht einige Bedeutung zukommen.

Actinien.

Nicht weniger überraschend als der geringe Procentsatz des Rhizostomakörpers an festen Bestandtheilen war für mich der große Procentgehalt seines Trockenrückstandes an anorganischen Stoffen. Dieses letztere absonderliche Verhältniß tritt sehr hervor, wenn man die an Rhizostoma erhaltenen Resultate mit dem Aschengehalte der Trockenrückstände verschiedener Actinien vergleicht; die Ergebnisse dieser Analyse habe ich hier tabellarisch zusammengestellt.

Das Verhältniss zwischen Wasser und festen (organischen und anorganischen) Substanzen im Körper der Rhizostoma Cuvieri und einiger Actinien.

Gewicht der Thiere und ihr Gehalt an Trockensubstanz und anorganischen Stoffen:

	Körpergewicht in Grammen.	Bemerkungen über den Zustand des Thieres während der Bestimmung des Körpergewichts.	Gewicht der festen Bestandtheile.	Gewicht der Asche.
Rhizostoma Cuvieri . . .	5750.0	Aus dem Wasser genommen und sofort gewogen.	265.0	11.21 gr. Trockensubstanz lieferten 7.32 gr.
Stück der Scheibe von derselben Meduse . . .	127.0	Rasch präparirt u. gewogen.	6.3	3.9
Anthea cereus I . . .	89.9	10 Min. vor der Wägung ausser Wasser befindlich, aber ohne dass das Wasser durch Druck oder Oeffnen der Tentakeln entfernt wurde. Die Antheen wurden oberflächlich vorsichtig abgetrocknet und darauf gewogen.	9.022	1.258
„ „ II . . .	63.38		9.843	1.2677
„ „ III . . .	39.55		3.905	0.2825
„ „ IV . . .	22.0		3.15	0.5

	Körpergewicht in Grammen.	Bemerkungen über den Zustand des Thieres während der Bestimmung des Körpergewichts.	Gewicht der festen Bestandtheile.	Gewicht der Asche.
Actinia mesembryanthemum I.	25.75	Ohne vorausgegangenen mechanischen oder operativen Eingriff wurden die Thiere, nachdem sie mehr oder weniger reichlich Wasser nach aussen hin abgegeben hatten, der Wägung unterzogen.	4.25	0.408
„ „ II.	13.1		2.75	0.25
Sagartia troglodytes I.	12.56		2.81	0.3
„ „ II.	11.05		2.65	0.24
Cerianthus membranaceus I.	26.45		2.64	0.25
„ „ II.	22.91		3.8	0.568

Gehalt der Thiere an Wasser und festen (organischen und anorganischen) Bestandtheilen in Procenten:

	Wasser.	Feste Theile.	Organische Stoffe.	Anorganische Stoffe.
Rhizostoma Cuvieri	**95.392**	**4.608**	**1.608**	**3.0**
Stück der Scheibe von derselben Meduse	95.039	4.961	2.561	2.4
Anthea cereus I	89.9644	10.0356	8.0	1.4
„ „ II	84.470	15.530	13.53	2.0
„ „ III	90.126	9.874	9.157	0.717
„ „ IV	85.682	14.318	12.048	2.27
Mittelwerthe für Anthea cereus	**87.555**	**12.439**	**10.684**	**1.597**
Actinia mesembryanthemum I .	87.38	12.62	12.02	1.6
„ „ II .	79.008	20.992	19.08	1.91
Mittelwerthe für Actinia mesembryanthemum	**83.194**	**16.806**	**15.55**	**1.755**
Sagartia troglodytes I	77.61	22.39	20.0	2.39
„ „ II	76.07	23.93	21.76	2.17
Mittelwerthe für Sagartia troglodytes	**76.84**	**23.16**	**20.88**	**2.28**
Cerianthus membranaceus I . .	90.0	10.0	9.06	0.94
„ „ II . .	83.414	16.586	14.106	2.48
Mittelwerthe für Cerianthus membranaceus	**87.707**	**13.293**	**11.583**	**1.71**

100 Theile des Trockenrückstandes enthalten:

	Organische Materie.	Anorganische Materie.
Rhizostoma Cuvieri	**34.7**	**65.3**
Stück der Scheibe von derselben Meduse	38.095	61.905
Anthea cereus I	86.056	13.944
„ „ II	87.313	12.687
„ „ III	92.792	7.208
„ „ IV	84.80	15.20
Mittelwerthe für Anthea cereus	**87.74**	**12.26**
Actinia mesembryanthemum I	90.612	9.388
„ „ II	90.9394	9.0606
Mittelwerthe für Actinia mesembryanthemum	**90.776**	**9.224**
Sagartia troglodytes I	89.325	10.675
„ „ II	90.9434	9.0566
Mittelwerthe für Sagartia troglodytes	**90.134**	**9.866**
Cerianthus membranaceus I	90.492	9.508
„ „ II	85.055	14.945
Mittelwerthe für Cerianthus membranaceus	**87.773**	**12.226**

Wir ersehen aus dieser Tabelle, daß der Procentgehalt der Actinien, welche bei ausgebreitetem Tentakelkranze aus dem Meerwasser gehoben und der Wägung unterworfen wurden, an festen Stoffen nach meinen Analysen regelmäßig höher ausfällt als für Rhizostoma; ich vermuthe jedoch, daß, wenn es gelingen sollte die Actinien zu verhindern das von den Tentakeln und dem übrigen Körpergewebe aufgenommene Imbibitionswasser auszustoßen und sie plus ihres im normalen Zustande eingesogenen Wassers zu wägen, sich die gewiß physiologisch wichtige Thatsache ergeben wird, daß die Actinien plus das aufgenommene Wasser einen ziemlich gleichen Procentsatz ihres Körpers an Wasser und festen Bestandtheilen aufzuweisen haben als die Rhizostoma und (wie man wohl annehmen darf) die Mehrzahl der Quallen. Ich bin der Ansicht — dafür scheinen mir die bei einigen Individuen (Anthea I, III, Cerianthus I) gefundenen 90 % ihres Körpergewichtes an Wasser zu sprechen —, daß die Actinien mit ausgebreitetem Tentakelkranze, mit turgescirendem Körper ebenso wasserreich sind wie Rhizostoma, daß aber verschieden von

dieser bei jenen das Wasser nicht in den Zellen aufgespeichert ist und von diesen festgehalten wird, sondern zum größten Theile sich in Canälen befindet, aus denen es freiwillig bei Muskelcontraction nach außen hin abgegeben werden kann.

Obgleich der Procentgehalt des Trockenrückstandes an anorganischer Materie in meinen Analysen für verschiedene Individuen, unabhängig von der Art, ziemlich bedeutend (7,208 bis 15,20 %) differirt, so ergibt sich daraus doch mit Evidenz die Abweichung des chemischen Substrates des Actinienkörpers von dem der Rhizostoma, bei welcher 60 % des Trockenrückstandes in der Asche zurückbleiben.

Der Trockenrückstand[1]) der Actinien ist außerordentlich schwer zu veraschen. Hat man in ihm durch mehrstündiges Erhitzen anfangs mittelst eines einfachen, später mittelst eines mehrröhrigen *Bunsen*'schen Brenners in einem Platin- oder Porcellantiegel einen Theil der organischen Substanzen zerstört, und erhitzt man darauf die Masse im Gebläse stärker, so schmilzt sie, und es entweichen noch sehr beträchtliche Mengen flüchtiger Stoffe. Es bedurfte in jedem Falle einer langen Zeit, bis ich die Asche im Gebläsefeuer frei von organischer Materie erhielt, und bei dem stundenlangen Glühen mögen auch bald mehr, bald weniger be-

[1]) Die Bestimmungen des Trockengewichtes wurden von mir stets (ausgenommen Rhizostoma Cuvieri) so ausgeführt, daß ich die gut und vorsichtig zerkleinerten Thiere in einer Porcellanschale auf dem Wasserbade so lange erwärmte, bis das Gewicht annähernd constant und die Masse (falls sie nicht zu große Mengen von Fett wie bei den Actinien enthielt) durchaus trocken war und beim Zerbrechen stäubte. Die Veraschungen lassen sich am raschesten in Platintiegeln ausführen; aber das Platin wird dabei sehr bald brüchig und der Platintiegel bei der in ihm vorgenommenen dritten oder vierten Verbrennung (besonders gilt das bei den Veraschungen der Actinien) ganz unbrauchbar. Nach mehreren übeln Erfahrungen dieser Art führte ich deßhalb die Veraschungen in guten Berliner Porcellantiegeln aus, welche sich sehr wohl bewährt haben und für unseren Zweck entschieden den Vorzug verdienen vor Graphit- oder hessischen Tiegeln.

deutendere Quantitäten anorganischer Substanzen mitverdampft sein. Auf diese unvermeidlichen Fehlerquellen werden manche Abweichungen in den Resultaten zurückgeführt werden müssen, aber einige derselben könnten auch einen anderen Grund haben. Die Actinien enthalten nämlich reichlich Fett, welches bekanntlich durch Erwärmen auf dem Wasserbade nicht zu entfernen ist, sondern erst beim Glühen der Masse zersetzt und dem Trockengewichte zugerechnet wird. Der Trockenrückstand fühlt sich deßhalb auch immer stark fettig an, und der Fettgehalt scheint für verschiedene Thiere ein und derselben Art erheblicheren Schwankungen zu unterliegen. Auch so könnte durch Körper, welchen vorzugsweise wohl nur die Bedeutung von Reservestoffen zukommt, die muthmaßliche Uebereinstimmung der Analysen von den lebensthätigen Bestandtheilen der einzelnen Vertreter ein und derselben Actinienspecies völlig verwischt werden.

Botryllus.

Mit Botryllus zeigt Rhizostoma in der Vertheilung von Wasser und festen Stoffen mehr Uebereinstimmung als mit den verschiedensten Actinien.

Die Vertheilung von Wasser und fester Materie in Botryllus (violaceus?).

Körpergewicht und Gehalt der Thiere an Trockensubstanz und anorganischen Stoffen:

	Körpergewicht in Grammen.	Bemerkungen über den Zustand der Thiere während der Bestimmung des Körpergewichtes.	Gewicht der festen Bestandtheile.	Gewicht der Asche.
I.	111.25	Gewogen ohne das Wasser, welches während des 4stünd. Verweilens in einer Porcellansch. ausgetreten war.	6.954	3.8235
II.	55.25	Sehr vorsichtig und rasch an der Außenfläche abgetrocknet und sofort gewogen.	2.94	1.522
III.	41.4	Nach einem 24stünd. Aufenthalte in einer trocknen Porcellanschale. Wog wie II behandelt 85.8 gr.	2.79	1.173
IV.	35.2	Wie II.	2.556	1.416

Procentgehalt der Botryllus an Wasser und an festen (organischen und anorganischen) Theilen:

	100 Theile der Ascidie bestehen aus:				100 Theile des Trockenrückstandes enthalten:	
	Wasser.	festen Stoffen.	organischer Materie.	anorganischer Materie.	organische Substanzen.	anorganische Substanzen.
I.	93.742	6.258	2.830	3.428	45.0184	54.9816
II.	94.679	5.321	2.566	2.755	48.572	51.428
III.	93.261	6.739	3.906	2.833	57.957	42.043
IV.	92.739	7.261	3.239	4.022	44.601	55.399
Mittel . .	**93.61**	**6.39**	**3.135**	**3.255**	**49.037**	**50.963**

Wie aus beistehender Tabelle ersichtlich ist, beläuft sich der Wassergehalt in Botryllus wie bei Rhizostoma regelmäßig auf mehr als 90 %, und von dem Trockenrückstande besteht durchschnittlich mehr als die Hälfte aus anorganischen Stoffen. Wie bei Rhizostoma und den Actinien verwandelt sich auch der Trockenrückstand von Botryllus bei anhaltendem Glühen in eine eisenhaltige Schmelze. Beachtenswerth scheint mir, daß zwei chemisch so verschiedene Substrate — ein tunicinhaltiges bei Botryllus, ein an Eiweißkörpern reiches bei der Meduse — in ihrem Procentgehalte an Wasser und an fester (organischer und anorganischer) Materie annähernd übereinstimmen.

Spongien.

Wenn, wie bei unseren Versuchen, große Mengen thierischer Trockenrückstände zu veraschen sind, dann gelingt es bei sehr kalkhaltigen Theilen nur durch lange fortgesetztes Glühen die Kohlensäure aus der Asche völlig zu entfernen. Der Gasverbrauch ist dabei ein zu bedeutender, als daß ich mich auf genaue Bestimmungen des Procentgehaltes der Echinodermen und Corallen an organischer und anorganischer Materie einlassen konnte. Die beiden Veraschungen, welche ich an sehr kalkreichen Wirbellosen (die eine an Asteracanthion glacialis, die andere an

Alcyonium palmatum) ausgeführt habe, wobei ich den Glührückstand aber trotz mehrstündigen Erhitzens (anfangs 4 bis 5 Stunden mittelst eines vierröhrigen *Bunsen*'schen Brenners und schließlich durch ein 1—2stündiges Glühen im Gebläsefeuer) nicht annähernd kohlensäurefrei erhielt, zeigten mir wenigstens, daß die mit starren Kalkgerüsten versehenen Arten bei weitem nicht so reich an anorganischen Bestandtheilen sind, als ich erwartete.

So wog der kleine, kurz nach dem Fange erhaltene und ganz frisch zur Untersuchung verwandte Stock von Alcyonium palmatum 73,5 gr. und hinterließ 11,51 gr. (15,66 %) Trockensubstanz; von dieser blieben nach dem Glühen 3,65 gr. (31,4 % der festen Theile) zurück.

Ein großes Exemplar von Asteracanthion glacialis, 850 gr. schwer, lebend gewogen und zerkleinert, hinterließ 150,3 gr. (17,682 %) Trockensubstanz; diese wurde möglichst gleichmäßig gemischt und von dem Gemische

1) 15 gr. verascht. Diese 15 gr. hinterließen 3,01 gr. anorganische Stoffe. Der Trockenrückstand bestand nach dieser Analyse aus 20 % anorganischer und aus 80 % organischer Materie.

2) 10 gr. verbrannt. Es blieb 1,86 gr. Asche zurück; darnach würde der Gehalt des ganzen Seesterns an anorganischer Substanz nur 3,28 % betragen. Aber aus beiden Glührückständen entwichen nach ausgeführter Wägung bei Säurezusatz noch so erhebliche Kohlensäuremengen, daß mir der Procentgehalt des Seesterns an rein anorganischen Bestandtheilen noch viel geringer zu sein scheint.

Viel näher kommt man dem wahren Sachverhalt, wie meine für die einzelnen Vertreter ein und derselben Spongienspecies sehr gut übereinstimmenden Resultate lehren, bei kieselsäurehaltigen Formen, von denen einige, wie z. B. Steletta, sehr reich an anorganischen Stoffen sind.

Tabellarische Uebersicht der quantitativen Differenzen im Gehalte an festen und flüssigen Bestandtheilen bei verschiedenen Spongienarten.

Gewichtsmengen der einzelnen Schwammkörper, ihrer Trockenrückstände und ihrer Aschen:

	Körpergewicht in Grammen.	Bemerkungen über den Zustand des Schwammes bei der ersten Wägung.	Gewicht der festen Theile.	Gewicht der Asche.
Chondrosia reniformis I.	42.71	Kurze Zeit nach dem Fange in einer hinreichenden Menge frischen Meerwassers erhalten und sofort (nach sehr vorsichtigem Abtrocknen der Oberfläche) gewogen.	6.5	1.054
„ „ II.	18.63		2.77	0.232
„ „ III.	5.5		0.984	0.174
Suberites domuncula I.	88.6	Wie Chondrosia ganz frisch gewogen.	16.73	7.34
„ „ II.	72.25		15.25	6.481
„ „ III.	61.4		14.87	7.1185
Suberites massa I.	106.85	30 Stunden in einer trocknen Porcellanschale an der Luft aufbewahrt. Wie Chondrosia ganz frisch gewogen 125.7 gr. schwer.	18.4	8.774
„ „ II.	89.7	Wie Chondrosia behandelt. Wog nach 30stünd. Aufenthalte in einer Porcellanschale nur noch 78.3 gr.	14.373	6.64
Tethya Lyncureum I.	115.9	Ganz frisch gewogen.	24.70	13.487
„ „ II.	102.8	Sehr großes Exemplar; durch Auspressen mit der Hand der größten Menge seines Imbibitionswassers beraubt u. darauf gewogen.	32.684	17.770
„ „ III.	57.0	Frisch gewogen. Nach 5-stündigem Liegen in einer trocknen Porcellanschale betrug das Gewicht nur noch 37.45 gr.	9.1	4.949
„ „ IV.	43.2	Wie Tethya I.	5.38	2.986
„ „ V. (abnormes Exemplar).	77.85	Mehrere Tage im Aquarium gehaltenes Exemplar; dem Wasser entnommen rasch gewogen.	17.254	11.2345
Steletta Wagneri I.	64.2	Ganz frisch gewogen.	14.91	9.504
„ „ II.	29.45		6.41	4.1830

Gehalt der Schwämme an Wasser und festen Theilen ausgedrückt in Procenten:

	100 Theile des lebenden Schwammkörpers enthalten:				100 Theile des Trockenrückstandes bestehen aus:	
	Wasser.	feste Stoffe.	organische Materie.	anorganische Materie.	organischen Substanzen.	anorganischen Substanzen.
Chondrosia reniformis I . .	84.781	15.219	13.755	2.464	83.785	16.215
„ „ II . .	85.132	14.868	6.493	8.375	91.625	8.375
„ „ III . .	82.1091	17.8909	14.7269	3.164	82.317	17.683
Mittelwerthe für Chondrosia reniformis	**84.0**	**16.0**	**11.332**	**4.668**	**85.91**	**14.09**
Suberites domuncula I . . .	81.1174	18.8826	10.5986	8.284	55.666	44.334
„ „ II . . .	78.893	21.107	12.138	8.969	57.436	42.564
„ „ III . . .	75.782	24.218	12.641	11.577	52.129	47.871
Mittelwerthe für Suberites domuncula	**78.6**	**21.4**	**11.79**	**9.61**	**55.1**	**44.9**
Suberites massa I	82.7796	17.2204	9.0094	8.211	52.316	47.684
„ „ II	81.644	18.356	10.9535	7.4025	53.802	46.198
Mittelwerthe für Suberites massa	**82.2**	**17.8**	**9.993**	**7.807**	**53.0**	**47.0**
Tethya Lyncureum I . . .	78.6885	21.3115	9.6745	11.637	45.397	54.603
„ „ II . . .	68.207	31.793	14.507	17.286	45.63	54.37
„ „ III . . .	75.6742	24.3258	15.6428	8.683	45.675	54.325
„ „ IV . . .	72.268	27.732	20.820	6.912	44.498	55.502
„ „ V (abnormes Exemplar)	77.837	22.163	7.668	14.495	34.604	65.396
Mittelwerthe für Tethya Lyncureum	**74.535**	**25.465**	**13.665**	**11.8**	**43.16**	**56.84**
Steletta Wagneri I	76.776	23.224	18.420	14.804	36.262	63.738
„ „ II	78.2343	21.7657	7.5607	14.205	35.727	65.273
Mittelwerthe für Steletta Wagneri	**77.5**	**22.5**	**7.995**	**14.505**	**36.0**	**64.0**

Aus vorstehender Tabelle ersehen wir, wie ungemein verschieden die Vertheilung von Wasser und festen Stoffen bei Formen Einer Classe ist. Obgleich das zwischen dem Wasser und den festen Bestandtheilen bestehende Verhältniß bei verschiedenen Spongienarten verhältnißmäßig wenig schwankt (C h o n d r o s i a enthält durchschnittlich 16,0 % und T e t h y a im Durchschnitt 25,465 % feste Stoffe), so sind dagegen die Differenzen im Gehalte des Trockenrückstandes an organischer und anorganischer

Substanz[1]) bei den von mir untersuchten verschiedenen Schwammspecies oft außerordentlich groß, während die gefundenen Werthe für Schwämme Einer Art unter sich gut übereinstimmen[2]).

Lassen wir das Resultat der Analyse von Tethya Lyncureum V unberücksichtigt, so ergeben sich für diese Schwammform die Mittelwerthe:

100 Theile des Schwammes bestehen aus:				100 Theile feste Stoffe enthalten:	
Wasser.	festen Stoffen.	organischer Materie.	anorganischer Materie.	organische Substanz.	anorganische Substanz.
73.7	26.3	15.17	11.13	45.3	54.7

von welchen die Ergebnisse der an jedem einzelnen Exemplare ausgeführten Bestimmungen wenig abweichen. Bei Steletta ist die Uebereinstimmung der beiden von mir ausgeführten Analysen nicht weniger groß, und dasselbe gilt in Betreff des Procentgehaltes des ganzen Thieres an festen und seines Trockenrück-

[1]) Bei der Veraschung der kieselreichen Schwämme (Steletta, Tethya, Suberites) setzte ich das Glühen so lange fort, bis sich die schwache Grau- (Tethya, Steletta) oder Gelbfärbung (Suberites) der Asche über dem Gebläsefeuer nicht mehr veränderte und das Gewicht in Hinsicht auf die veraschte Menge bei weiterem Glühen fast constant blieb. Bei Anwendung eines vierröhrigen *Bunsen*'schen Brenners waren dazu etwa 5—7 Stunden erforderlich. Läßt man die Spitze der Gebläseflamme anhaltend auf die Schwammasche unmittelbar wirken, so verschwindet zwar auch ihr stets nur geringer Anflug von Grau oder Gelb vollständig. Der bei diesem Operiren leicht eintretende Substanzverlust, das stundenlange Glühen in directer Flamme und offenem Tiegel führen aber zu viel größeren Ungenauigkeiten, als sie durch den höchst unbedeutenden Farbstoffgehalt in der Asche hervorgerufen werden.

[2]) Die an Tethya V ausgeführten Bestimmungen weichen in ihren Resultaten von den an den übrigen Tethyen gewonnenen erheblich ab; jene ist das von mir zuerst analysirte Exemplar und war, abweichend von allen anderen Schwämmen, bereits mehrere Tage vor der Untersuchung in einem kleinen Glasaquarium gehalten; die Abweichungen von den übrigen Tethyen im Gehalte an anorganischen Stoffen finden darin vielleicht ihre Begründung.

standes an anorganischen Stoffen für Suberites domuncula und massa.

Wir entnehmen diesen Analysen, daß die Massenzunahme selbst der in ausgiebiger Weise im Innern der Schwämme größtentheils aus anorganischem Material aufgeführten Gerüstsubstanzen im Allgemeinen unabhängig von der individuell schwankenden Größe des Spongienkörpers, stets ziemlich gleichen Schritt hält mit dem Wachsthum des organischen Substrates, des lebenden Schwammkörpers.

Bei den Spongien, welchen die kieseligen Einlagerungen fehlen, wie z. B. bei Chondrosia reniformis, ist der Procentgehalt des ganzen Schwammkörpers sowie seiner festen Bestandtheile an anorganischen Stoffen im Vergleich mit den Suberiten oder zu den mit zahlreichen Kieselnadeln durchsetzten Tethyen ein geringer. Die Vertheilung des Wassers und der festen (organischen und anorganischen) Materien nähert sich bei Chondrosia außerordentlich den Verhältnissen bei den höher organisirten, schalenfreien Wirbellosen (Lumbricus, Gastropoden) und weist für den organischen Bestand des Thieres viel günstigere Verhältnisse auf als bei den mit verkalkter chitinöser Hülle bedeckten Krebsen.

Lumbricus, Squilla, Doris und Doriopsis.

Das quantitative Verhältniss von Wasser zu den festen Theilen in höher organisirten Evertebratenformen [1]).

Anneliden.

Gewicht des Körpers, des Trockenrückstandes und der Asche:

	Körpergewicht in Grammen.	Gewicht der festen Theile.	Gewicht des Glührückstandes.
Lumbricus complanatus (2 große Exemplare)	32.0	3.90	0.781

[1]) Alle von mir analysirten Thiere wurden im lebenskräftigsten Zustande (kurz nach dem Fange) gewogen, nachdem das der äußeren Oberfläche anhaftende Meerwasser sehr vorsichtig und schnell mit einem weichen Läppchen entfernt war.

Procentsatz des Körpers an Wasser und festen Theilen:

	100 Theile des Wurmes enthalten:				100 Theile des Trockenrückstandes bestehen aus:	
	Wasser.	feste Stoffe.	organische Materie.	anorganische Materie.	organischen Substanzen.	anorganischen Substanzen.
Lumbricus complanatus	87.8125	12.1875	9.7469	2.4406	79.998	20.002

Gastropoden.

(Die Analysen von Limax und Arion führte *A. v. Bezold* [a. a. O.] aus.)

Körpergewicht, Gewicht der festen und rein anorganischen Bestandtheile:

	Körpergewicht in Grammen.	Gewicht der festen Theile.	Gewicht der Asche.
Doris tuberculata	62.75	7.3	1.655
Doriopsis limbata I	45.5	6.6	0.462
„ „ II	49.66	5.675	0.559
„ „ III	35.15	5.17	0.444
Arion empiricorum I	4.37	0.550	0.150
„ „ II	5.505	0.725	0.165
„ „ III	5.900	0.680	0.170
„ „ IV	7.055	0.985	0.220
„ „ V	21.130	3.495	0.655
„ „ VI	27.090	2.745	0.790
Limax maximus I	0.110	0.025	nicht bestimmt
„ „ II	2.170	0.380	0.040
„ „ III	12.920	2.170	0.150
„ „ IV	17.015	3.300	0.275

Procentgehalt der Schnecken an Wasser und festen Bestandtheilen:

	100 Theile der Schnecken enthalten:				100 Theile des Trockenrückstandes enthalten:	
	Wasser.	feste Substanz.	organische Stoffe.	anorganische Stoffe.	organische Materie.	anorganische Materie.
Doris tuberculata	88.367	11.633	8.994	2.637	77.329	22.671
Doriopsis limbata I	85.495	14.505	13.490	1.015	93.000	7.000
„ „ II	88.572	11.428	10.302	1.126	90.150	9.850
„ „ III	85.292	14.708	13.442	1.266	91.412	8.588
Mittelwerthe für Doriopsis limbata	**86.5**	**13.5**	**12.4**	**1.14**	**91.52**	**8.48**

	100 Theile der Schnecken enthalten:				100 Theile des Trockenrückstandes enthalten:	
	Wasser.	feste Substanz.	organische Stoffe.	anorganische Stoffe.	organische Materie.	anorganische Materie.
Arion empiric. I	87.415	12.585	9.153	3.432	72.7	27.3
„ „ II	86.832	13.168	10.168	3.000	77.2	22.8
„ „ III	88.470	11.530	18.649	2.881	75.0	25.0
„ „ IV	86.000	14.000	0.882	3.118	77.7	22.3
„ „ V	83.458	16.542	13.442	3.100	81.2	18.8
„ „ VI	88.864	10.138	7.220	2.916	71.2	28.8
Mittelwerthe für Arion empiric.	**86.839**	**13.161**	**10.087**	**3.074**	**75.8**	**24.2**
Limax maximus I	77.273	22.727	nicht bestimmt			
„ „ II	82.389	17.511	15.711	1.800	89.7	10.3
„ „ III	83.205	16.795	15.635	1.160	93.0	7.0
„ „ IV	80.606	19.394	17.778	1.616	91.6	8.4
Mittelwerthe für Limax maximus	**82.066**	**17.934**	**16.409**	**1.525**	**91.4**	**8.6**

Crustaceen.

(Die Werthe für Astacus wurden von *A. v. Bezold* [a. a. O.] erhalten.)

Körpergewicht, Gewicht des Trockenrückstandes und der Asche:

	Körpergewicht in Grammen.	Gewicht der festen Theile.	Gewicht der Asche.
Squilla mantis	19.37	5.43	1.152
Astacus fluviatilis I	27.395	7.425	2.640
„ „ II	20.745	5.110	1.890
„ „ III	16.650	4.305	1.405

Gehalt der Krebse an Wasser und festen Substanzen, ausgedrückt in Procenten:

	100 Theile der Krebse enthalten:				In 100 Theilen fester Substanz:	
	Wasser.	feste Stoffe.	organische Materie.	anorganische Materie.	organische Stoffe.	anorganische Stoffe.
Squilla mantis	81.968	28.032	22.085	5.947	78.785	21.215
Astacus fluviatilis I	72.897	27.103	17.467	9.636	67.3	32.7
„ „ II	75.296	24.704	15.594	9.110	63.1	36.9
„ „ III	74.145	25.855	17.417	8.438	64.4	35.6
Mittelwerthe für Astacus fluviatilis	**74.112**	**25.888**	**16.827**	**9.061**	**64.9**	**35.1**

Gewichtliche Bestimmungen des Wassers, der Trockensubstanz und der Asche sind meines Wissens an Würmern noch nicht ausgeführt. Die von mir an zwei großen Lumbricus complanatus, welche bei einer zweitägigen Hungercur in feuchter Atmosphäre ihre erdigen Darmcontenta vollständig entleert hatten, mit größester Sorgfalt ausgeführte Analyse gestattet bis jetzt allein, die Würmer mit den Gastropoden und Krebsen in dieser Beziehung zu vergleichen.

Bei Durchsicht der für Doris tuberculata und Doriopsis limbata von mir, für Arion empiricorum und Limax maximus von *A. v. Bezold* gefundenen Werthe wird ersichtlich werden, wie sehr die quantitative Zusammensetzung des Trockenrückstandes aus organischen und anorganischen Stoffen bei nahe verwandten Formen schwanken kann. Seltsamer Weise begegnete ich bei zwei, ihrer Organisation nach sich sehr nahe stehenden marinen Gastropodenarten ebenso großen specifischen Abweichungen wie *Bezold* bei Arion empiricorum und Limax maximus. Worin diese auffälligen Differenzen begründet sein mögen, entzieht sich, wie ich glaube, z. Z. jeder Beurtheilung. Bei Berücksichtigung des an Lumbricus complanatus gewonnenen Resultates findet man, daß die Differenzen im Procentgehalt der festen Bestandtheile an unverbrennlicher Materie bei Vertretern Einer Familie bedeutender ausfallen können, als bei Arten ganz verschiedener Typen. Weder auf die Lebensverhältnisse, auf das Alter, auf die Ernährungsweise, noch auf sichtlich angehäuftes anorganisches Stützmaterial lassen sich die auffälligen Unterschiede zwischen nahe verwandten Formen zurückführen.

Indem *Bezold* den für Säugethiere, Eidechsen und für Oniscus gefundenen Wassergehalt mit dem von Batrachiern und Astacus vergleicht, gelangt er zu dem Schlusse, daß bei Wasserthieren der Wassergehalt der Gewebe größer ist als bei verwandten landbewohnenden Formen. Wie man mir bei Vergleich des

Wassergehaltes von Doris und Doriopsis mit dem von Arion und Limax wohl zugeben wird, vermag ich mich für die Gastropoden dieser Auffassung, so einleuchtend sie auch erscheint, nicht anzuschließen. Ueberdieß haben uns *Nüßlin*'s eingehende Untersuchungen [1]) jüngst gelehrt, einen wie bedeutenden Wasserverlust die Schnecken ertragen können, und man wird meines Erachtens der temporären, individuellen Schwankungen des Wassergehaltes und der spontanen Wasserabgabe wegen, die besonders leicht bei den landbewohnenden Formen eintritt, ohne Scheidung des an Zellen gebundenen Wassers von dem im Gefäßsysteme circulirenden zur Kenntniß gesetzmäßiger Verhältnisse und zur Auffindung ihrer Beziehungen zum Aufenthalte, zur Ernährung, zur Lebensperiode etc. des Thieres auf analytischem Wege bei den Gastropoden kaum gelangen.

---

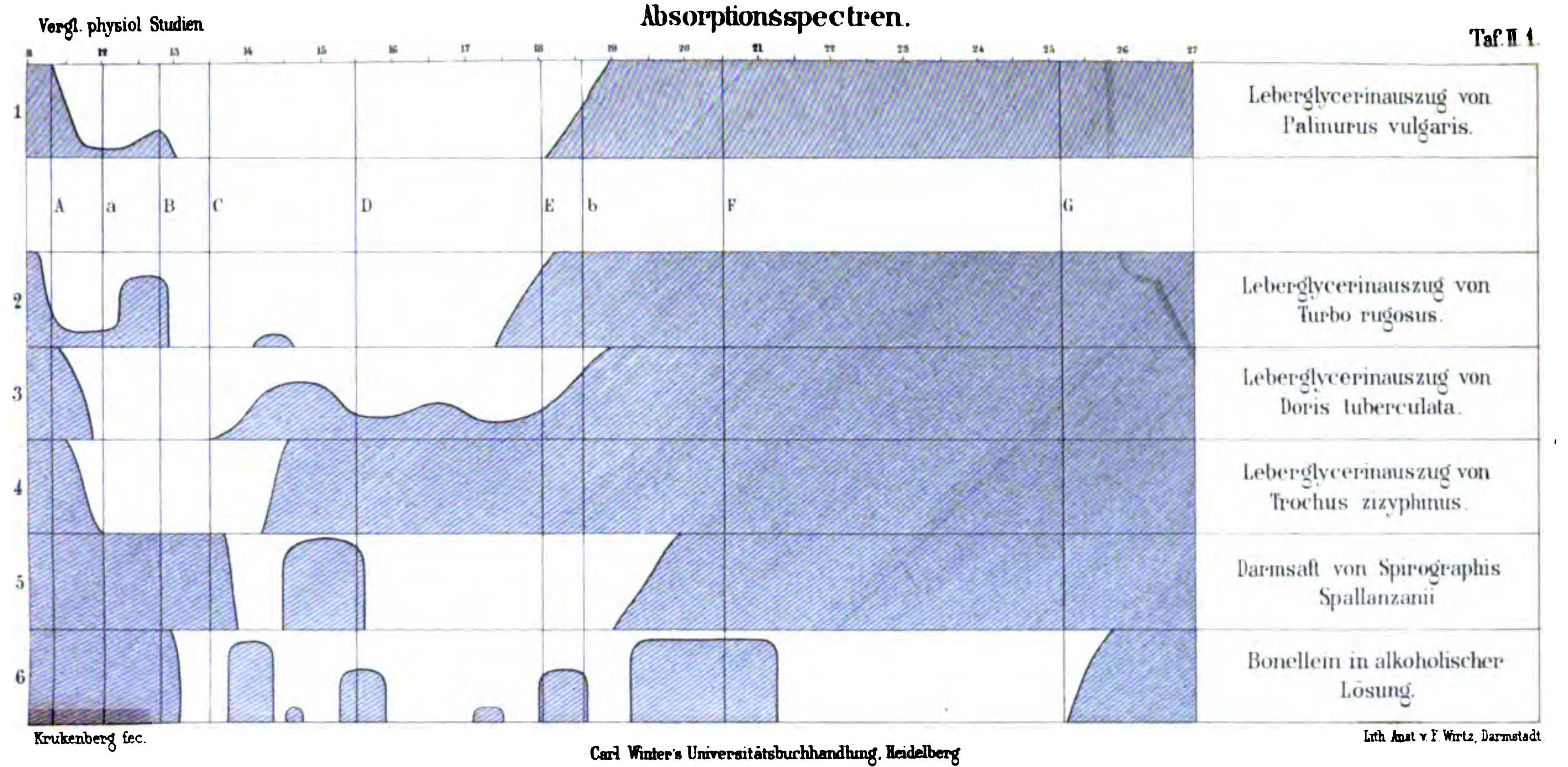
[1]) *O. Nüßlin*, (Beitr. zur Anat. u. Physiologie der Pulmonaten. Tübingen 1879. S. 39) fand, daß Arion empiricorum erst bei einem Wasserverluste von 67.7 bis 73 °/o des ursprünglichen Gewichtes zu Grunde ging, oder daß (unter Zugrundelegung der *Bezold*'schen Daten) die Thiere bei einer Reduction ihres Wasservorraths auf ungefähr 17 °/o des Körpergewichtes oder auf 20 °/o des ursprünglichen Wassergehaltes starben.

Inhalt der zweiten Abtheilung.



C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

Absorptionsspectren.



Krukenberg fec.

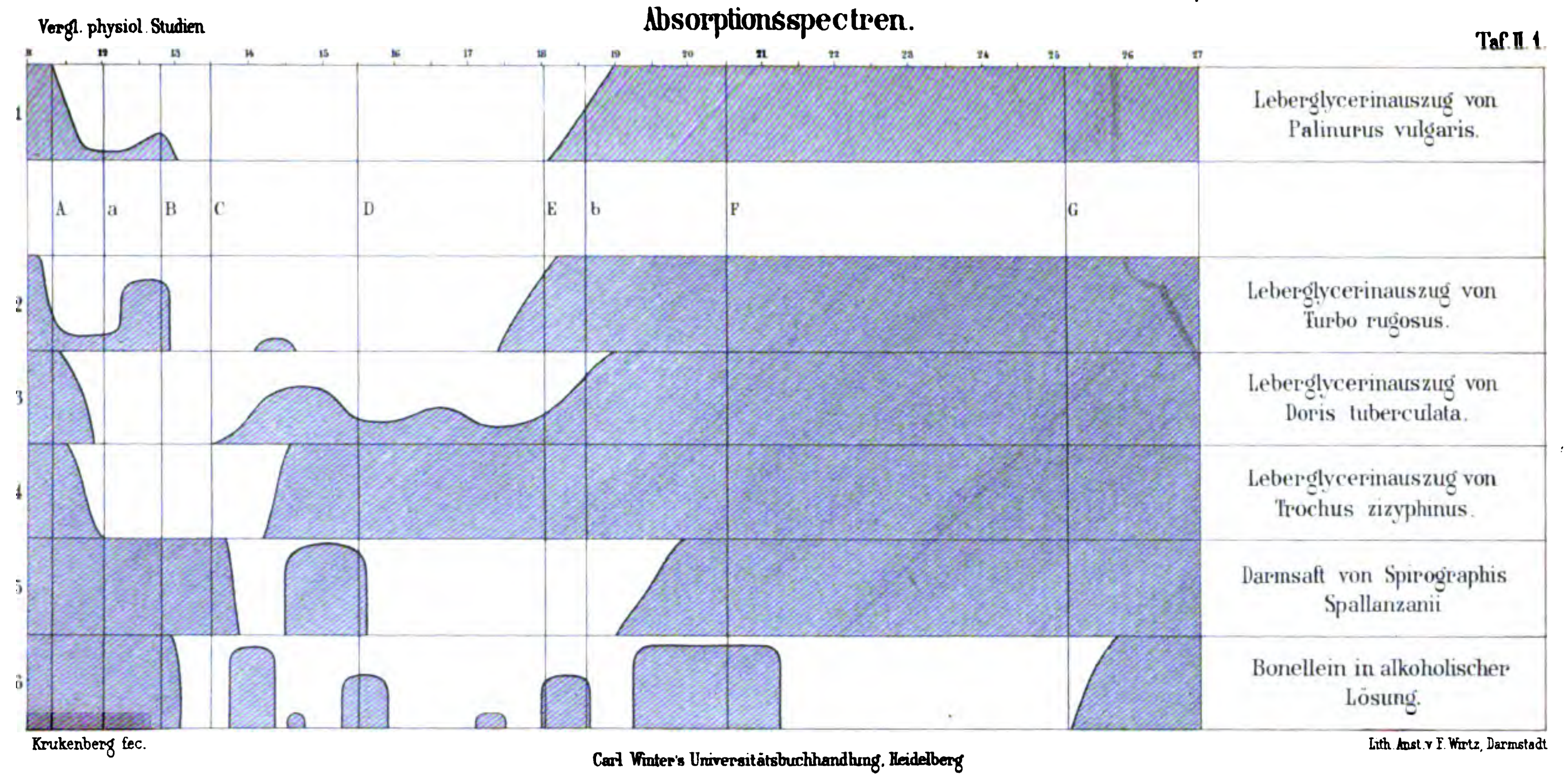
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg



C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

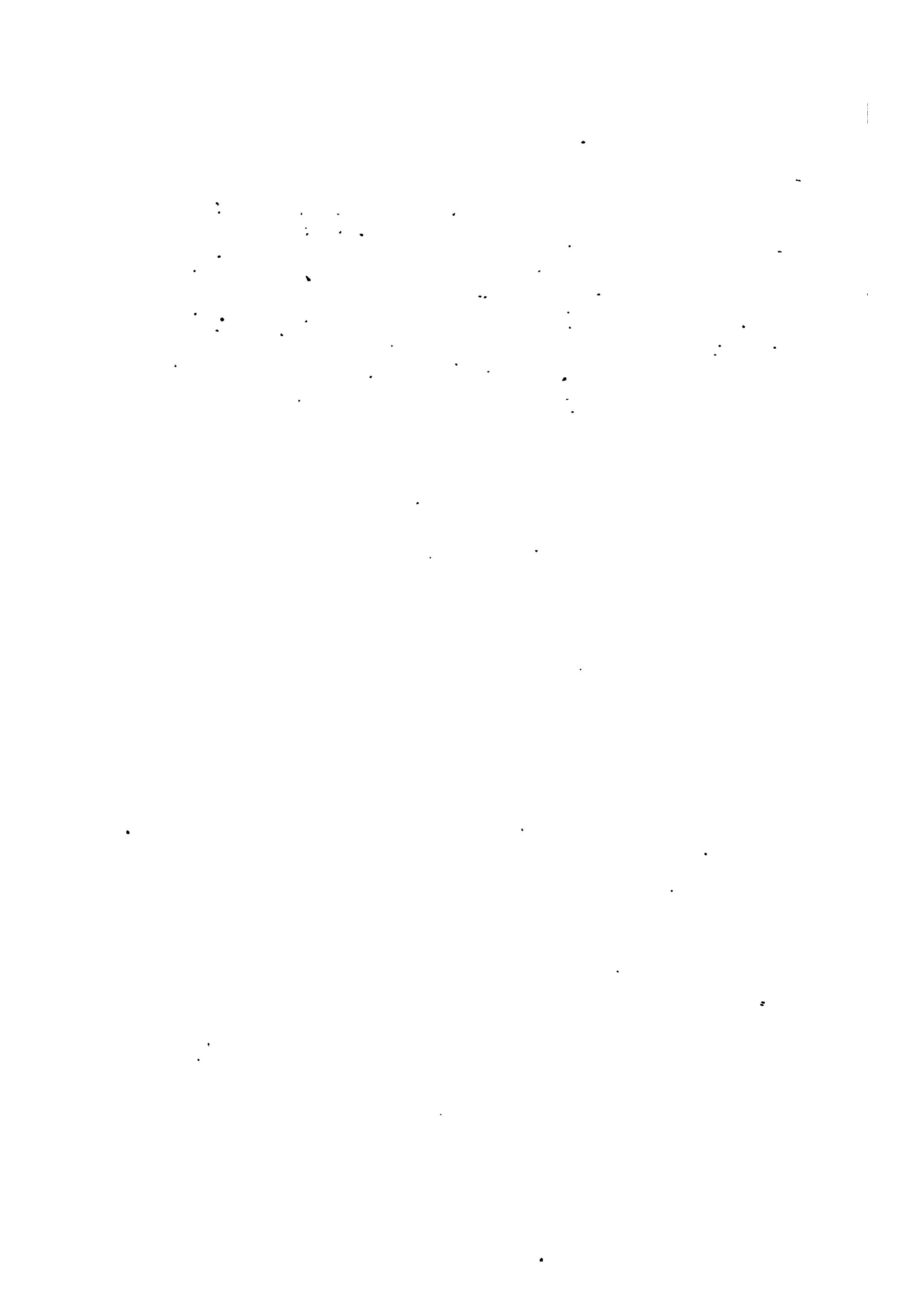
Absorptionsspectren.

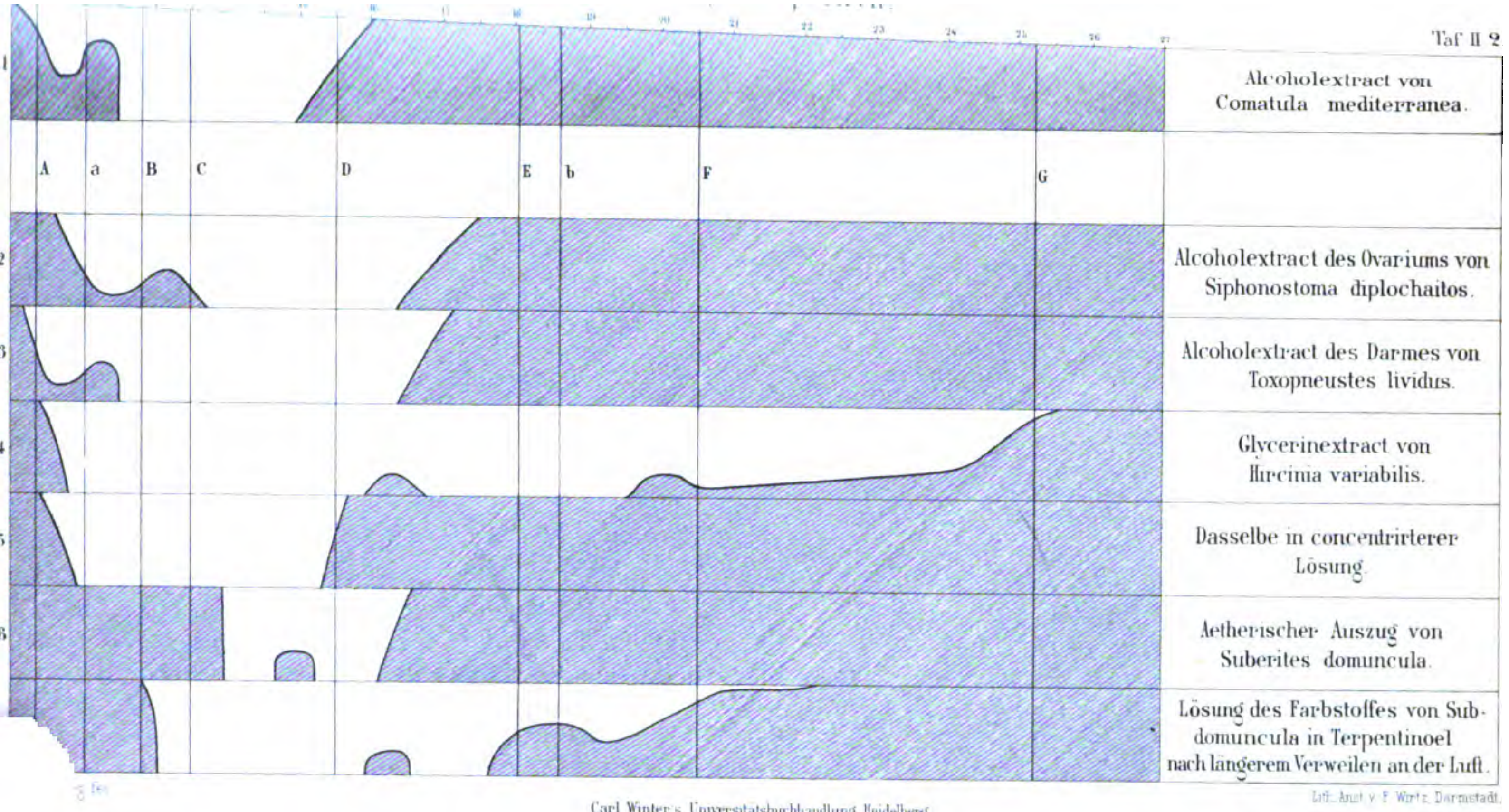


Krukenberg fec.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt



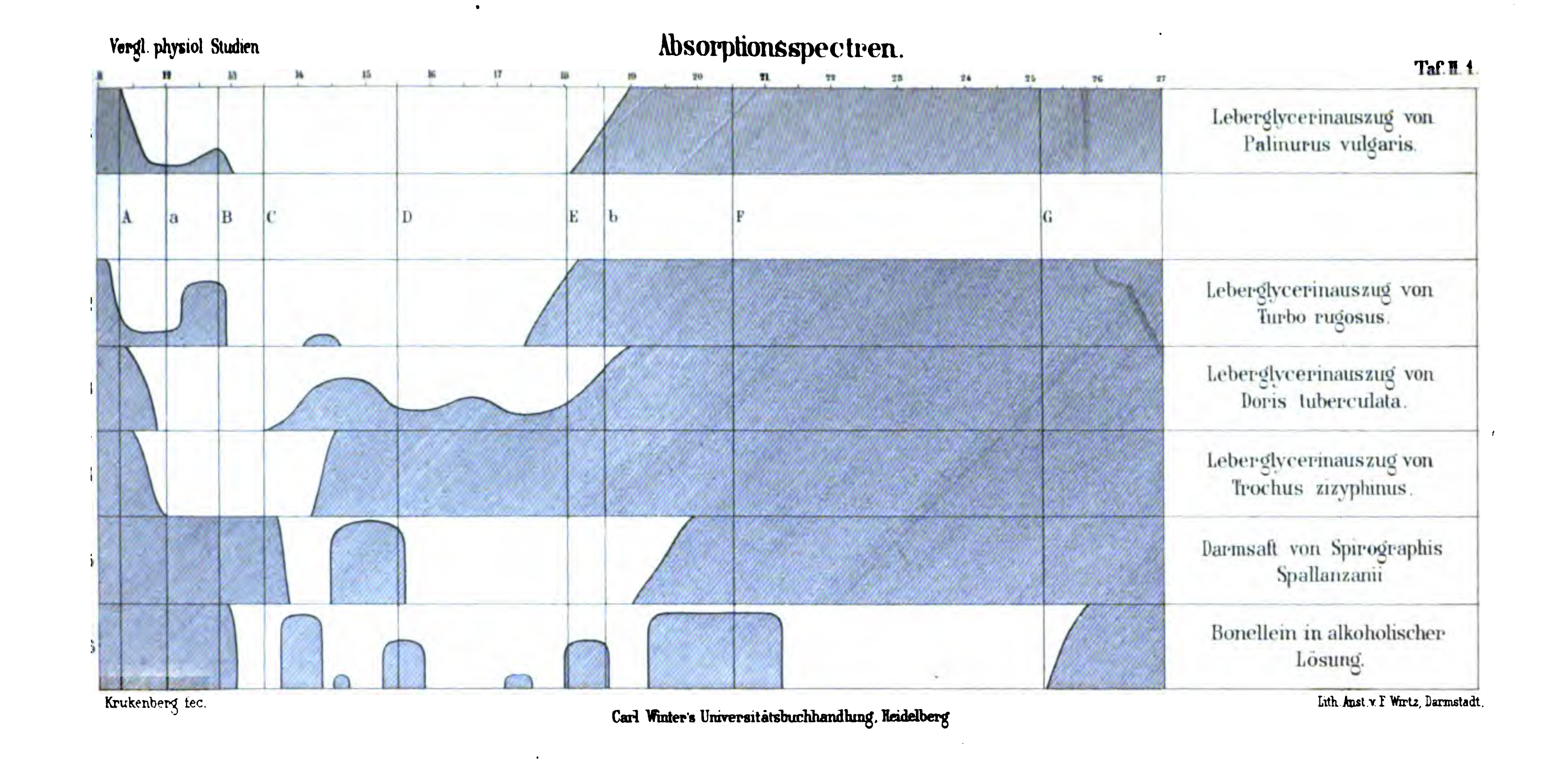


Carl Winter's Universitätsbuchhandlung Heidelberg.
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

Absorptionsspectren.

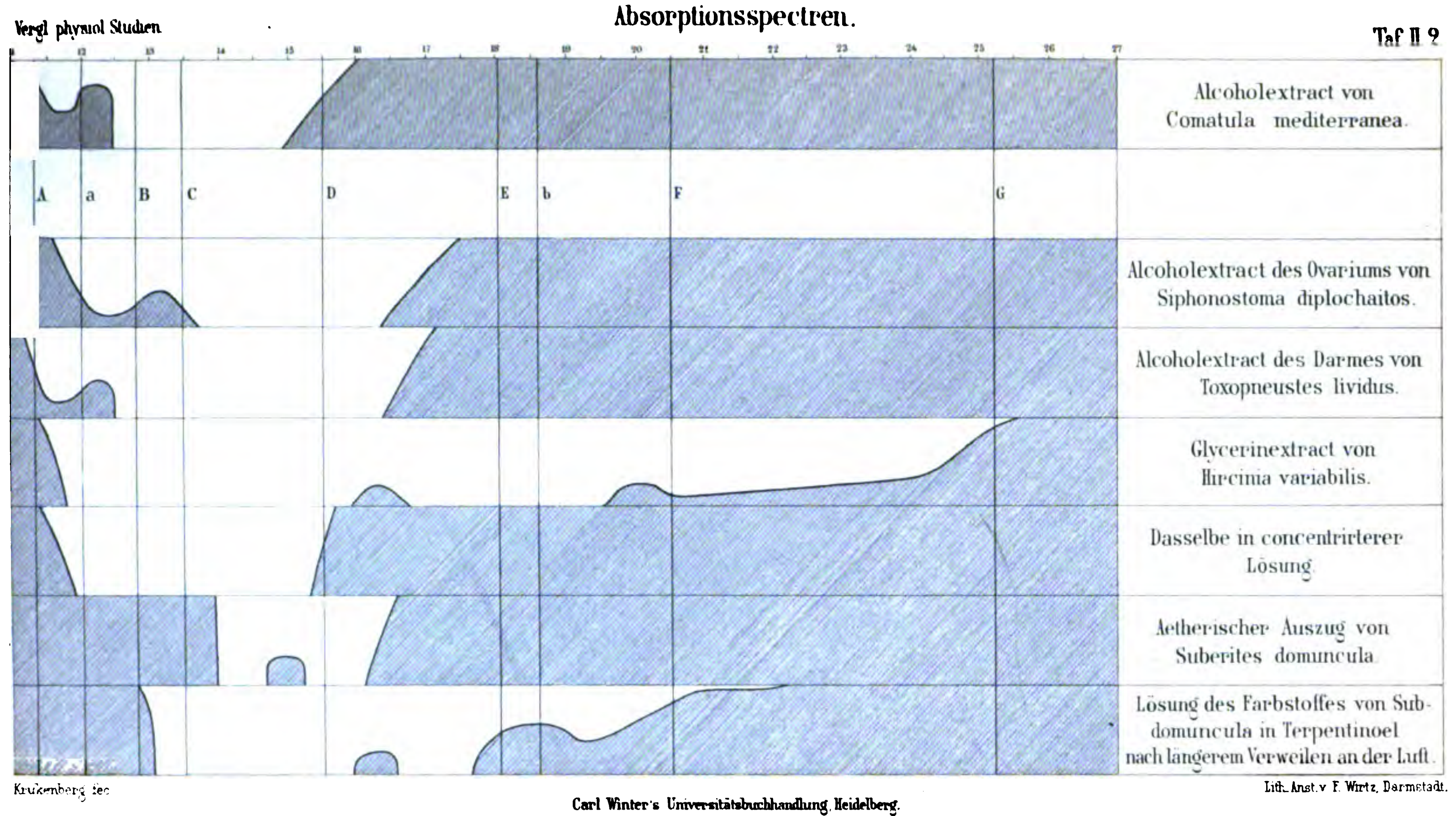


Krukenberg fec.

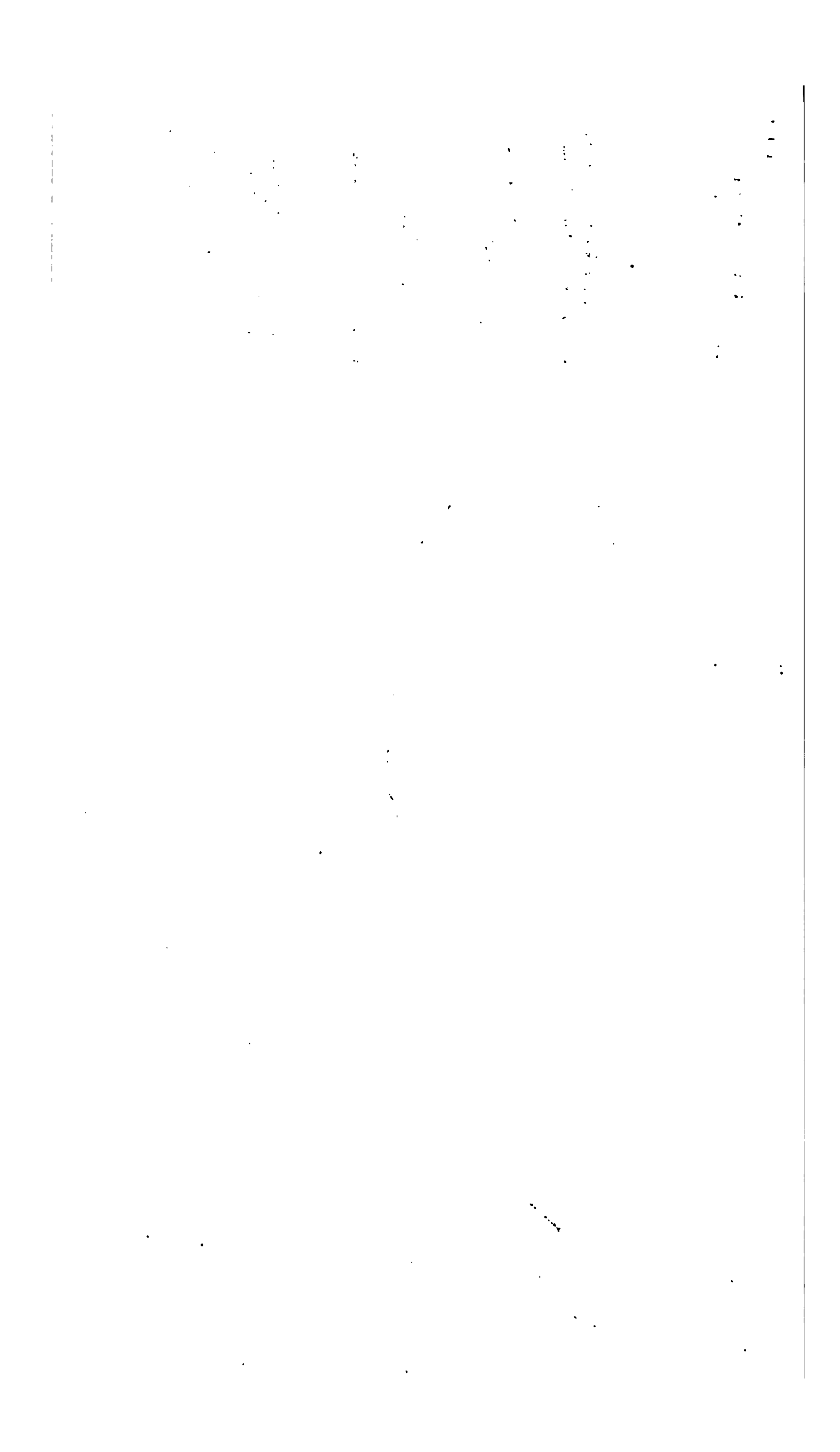
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Absorptionsspectren.



Krukenberg fec.
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.



VERGLEICHEND-PHYSIOLOGISCHE STUDIEN

ZU

TUNIS, MENTONE UND PALERMO.

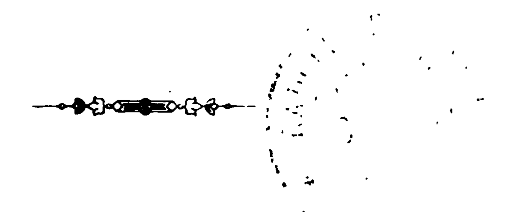
EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

VON

Dr. C. FR. W. KRUKENBERG.

DRITTE ABTHEILUNG.

MIT ZEHN HOLZSCHNITTEN UND EINER TAFEL.



HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1880.

Der Schlag der Schwingplättchen bei Beroë ovatus[1]).

Schneidet man eine Beroë zur Quere in mehrere Stücke, so bemerkt man, daß die Kammblättchen zur Ruhe kommen, daß die Bewegungen aber an dem Stücke, welches den Afterpol führt, fast immer sogleich wiederbeginnen, während der Stillstand an den anderen Quertheilen stets längere Zeit andauert. Nur in sehr seltenen Fällen beobachtete ich, daß sich schon nach 5—12 Minuten Plättchen an einigen Reihen der des Afterpols entbehrenden Stücke wieder in Bewegung setzten; bis dahin aber, daß die Rhythmik an den Schwingplättchen aller ihrer Rippen wiederhergestellt war, bedurfte es mindestens mehrerer Stunden. Ich sah die Bewegungen in dem analen Stücke an allen Radien stets ziemlich synchron beginnen und sich von denen der normalen Beroë kaum unterscheiden, während an den übrigen

[1]) Kurz bevor ich in Mentone meine Versuche an Beroë ovatus zum Abschluß brachte, erschien ein Bericht von *Th. Eimer* (Versuche über künstliche Theilbarkeit von Beroë ovatus. Angestellt zum Zweck der Controle seiner morphol. Befunde über das Nervensystem dieses Thieres. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 17. 1880. S. 213—240) über einige Versuchsergebnisse, welche ich unabhängig von ihm gefunden habe. Ich erhielt von *Eimer's* Aufsatz erst Kunde, als ich Mitte Mai auf der k. k. Zoologischen Station zu Triest aus Tunis eintraf; der wiederholte Wechsel meines Aufenthaltes in den vorhergegangenen Monaten hatte mir bis dahin nicht erlaubt, die während dieser Zeit erschienene Literatur zu verfolgen. *Eimer's* Darstellung läßt an Treue und Ausführlichkeit nichts zu wünschen übrig und macht eine längere Auseinandersetzung einiger meiner Versuche durchaus entbehrlich. Wie ich ersehe, bestehen zwischen den Ergebnissen unserer Versuche keine irgendwie bemerkenswerthe Differenzen; *Eimer's* Deutung der Befunde vermag ich mich jedoch in vielen Fällen nicht anzuschließen.

Querstücken die Bewegung der Kammplättchen an einem oder einigen Streifen begann und sich erst später auch an den übrigen wieder in den Gang setzte. Auch sind die Bewegungserscheinungen an den einzelnen Radien der afterpollosen Stücke mindestens längere Zeit viel ungeordneter und unregelmäßiger, als man es am Analende und an der unversehrten Beroë zu sehen gewohnt ist. Ausgiebigere Contractionen treten an den des Trichterpols beraubten Theilen gleich nach der Operation ein, zu einer Zeit also, wo das Spiel der Ruderplättchen noch nicht wiederbegonnen hat[1]). Auch an Stückchen, die ich an beliebiger Stelle aus den Plättchenreihen herausgeschnitten hatte, sah ich oft den Schlag der Kammzacken wiederkehren. Wie sich die vom Mark getrennte Rinde junger pflanzlicher Stengel nach außen kräftig umschlägt, so geschieht es auch in der Regel an dem Körperrohre — vielmehr an den afterpollosen Stücken als an den den Afterpol führenden — der durchschnittenen Beroë.

Durchtrennte ich eine Flimmerreihe, während ich die übrigen unversehrt ließ, so trat an dem durchtrennten Streifen der nämliche Effect wie an der ganzen Beroë nach ihrer Quertheilung ein. An dem analwärts gelegenen Ende begannen die Bewegungen der Schwingplättchen nach kurzer Pause, an dem oralen Ende bedurfte es zu ihrer Ingangsetzung stets einer ungleich längeren Zeit — mehrere Minuten, meistens mehrere Stunden.

Zerlegte ich eine Beroë durch einen Sagittalschnitt in zwei Hälften, so begann der Schlag der Schwingplättchen an den Reihen, deren apicaler Scheitel bei dieser schwer genau auszuführenden

---

[1]) Diese sehr auffallende, bereits von *Eimer* mitgetheilte Erscheinung, daß an afterpollosen Querscheiben der Beroë, „bei welchen die Bewegung der Schwimmplättchen noch nicht wiederhergestellt ist, sehr häufig kräftige ruckweise Contractionen des Körpers“ bemerkbar sind, beobachtete ich bisweilen selbst dann noch, wenn die Wimperung an einigen Rippen schon wieder flott im Gange war.

Theilung unbeschädigt blieb, fast ebenso rasch wie an den apicalen Querstücken, und die Bewegungen der Kammplättchen glichen an Regelmäßigkeit und Synchronie denen normaler Thiere. Mit der Flimmerung an den Reihen, deren apicaler Scheitel bei der Operation verletzt wurde, verhielt es sich ebenso wie mit der am oralen Endstücke durchtrennter Rippen oder quergetheilter Thiere.

Führte ich vom analen Pole aus, der Körperaxe parallel, einen Schnitt bis zu etwa 1/4, 1/3 oder bis zur Hälfte durch das ganze Thier hindurch, so stand die Bewegung anfangs an allen Rippen still, begann aber wieder sehr bald an allen die frühere Regelmäßigkeit anzunehmen, nur bemerkte ich, daß die Bewegungen der Ruderchen an den Rippen der einen Seite mit denen der Schwingplättchen an den Rippen der anderen Seite nicht immer synchron blieben, während die zu ein und derselben Körperhälfte des Thieres gehörenden Rippen ihre Zusammengehörigkeit auch stets durch die coordinirten Bewegungen ihrer Schwingplättchen bekundeten. Führte ich dagegen die Trennungen vom oralen Ende aus, während der Afterpol unbeschädigt gelassen wurde, so verhielt sich das Thier nach Ablauf des kurz nach der Operation eingetretenen Ruhezustandes völlig wie ein normales. Es verstand noch die Wimperschläge an den einzelnen Rippen zu regeln und zu einem zweckmäßigen Zusammenwirken zu verbinden. An Segmenten, welche eine, zwei oder drei Rippen mit unbeschädigtem After-

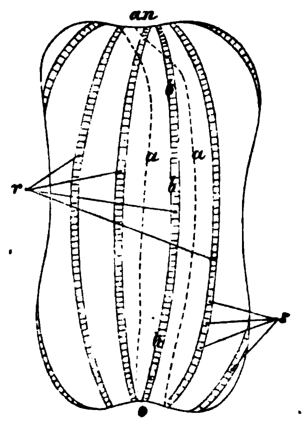


Fig. 1. Schematische Darstellung von Beroë ovatus. *an* Afterpol (Trichterpol, aboraler Pol). *o* Mundpol (oraler Pol). *r* Rippen (Kammplättchenreihen, Schwingplättchenreihen, Radien u. dgl. m.). *s* Schwingplättchen (Ruder-, Schwimm-, Flimmer-, Kammplättchen, Kammzacken u. s. w.). *aa* Schnittlinien. *b* Theilstück (s. S. 4, Anm. 1).

und Mundpolstücke besaßen, begannen gleichfalls bald ganz normale Bewegungen wieder.

So sind die Erscheinungen, welche man bei den angegebenen Durchschneidungsversuchen je nach den wechselnden Umständen bald mehr bald weniger rein, aber nie mit großen Abweichungen zum Ausdruck kommen sieht. Durchgängig ergibt sich, daß an Stücken — mögen sie Segmente des eiförmigen Beroëkörpers oder Querscheiben desselben darstellen —, an welchen das Afterpolende der zugehörigen Rippen erhalten ist, sich die normalen rhythmischen und regulirten Bewegungen an den Schwingplättchen nach Secunden oder Minuten wieder einstellen, während an den des Afterpols entbehrenden Stücken der Beroë die Bewegung an den Ruderblättern längere Zeit stockt, darauf an einzelnen Rippen ungeordnet beginnt, an den übrigen noch später einsetzt oder an ihnen wohl auch ganz ausbleibt. In allen Fällen läßt sich aus den Effecten ermessen, ob das betreffende Körperfragment den Rippen zugehörige Theile[1]) des Afterpols führt oder nicht.

Wir sind berechtigt aus diesen Versuchsergebnissen den Schluß zu ziehen, daß am Afterpole nervöse Centren liegen, denen ein Einfluß auf die Bewegungen der Ruderplättchen zukommt, und welchen unter normalen Verhältnissen functionell durchaus gleichwerthige Elemente in den übrigen Abschnitten des Beroëkörpers fehlen. Ferner dürfen wir aus unseren Versuchen — besonders bei Berücksichtigung der Thatsache, daß die Durchtrennung einer Rippe am lebenden Körper sich nur an der verletzten, nicht an den unversehrten Rippen weiterhin geltend macht —

[1]) Ich betone hier „ihnen zugehörige" Theile des Afterpols. Führte ich nämlich die Lostrennung eines Rippentheils in der Weise aus, wie es durch die Schnittlinien *a* in Fig. 1 versinnlicht ist, so verhielt es sich mit der Wiederkehr des Schwingplättchenspieles an dem Stücke *b* genau so wie an denen, die jedes Afterpolantheiles entbehrten. Nach dem Vorausgegangenen wird diese Erscheinung kaum einer weiteren Erklärung bedürfen.

den Satz ableiten, daß auch bei Beroë den einzelnen Rippentheilen eine gewisse Individualität innewohnt, daß die Erhaltung ihrer Functionsthätigkeit viel weniger als bei den Theilen höchst organisirter Thiere das Intactsein eines einheitlichen, anregend oder regulirend wirkenden centralnervösen Apparates voraussetzt.

Soviel ich mich bemühte, durch fortgesetzte Durchschneidungsversuche (anderer Art als die erwähnten) die Fülle von Möglichkeiten, welche man zur bündigern Erklärung dieser Thatsachen heranziehen konnte, auf ein Minimum zu reduciren, neue experimentelle Beweise dafür beizubringen, daß bei Beroë die Innervationsverhältnisse genau nach diesem, nicht nach jenem Schema verwirklicht sind, so blieben doch alle meine Bestrebungen fruchtlos.

Warum, so fragte ich mich, ist die Flimmerung an den des Afterpols entbehrenden Stücken auf so lange Zeit sistirt, warum erscheint sie an dem den Trichterpol führenden Theile so äußerst bald wieder? Unterbrechen auch bei Beroë an der Peripherie gelegene ganglionäre Elemente die Leitungsbahn für die centralen Impulse, ist hier am Ruderplättchenapparate vielleicht ein Reflex- und Hemmungsmechanismus betheiligt, vermögen automatische oder nur spontane Erregungen die Ruderchen in Bewegung zu versetzen, bekunden endlich die nervösen Stränge, welche die Ganglien mit den contractilen Gebilden an den Schwingplättchen der Beroë in Verbindung setzen, durch ihr Verhalten gegen Curare eine Verwandtschaft zu den motorischen Nerven der Medusen, Sagartien und Antheen oder zu den coloratorischen Nerven der Eledonen, Sepien und Pleuronectiden?

Das sind die Fragen, welche mich nach den Resultaten meiner Durchschneidungsversuche interessirten, und die ich nur durch Combinationsvergiftungen entscheiden zu können hoffte. Aber die mannigfachsten Versuche, welche ich an Beroë ausführte, und von denen ich später einige mittheilen werde, die verschiedenartigsten und gewiß sehr zweckmäßig combinirten Doppelver-

giftungen brachten die mich interessirenden Fragen ihrer Lösung nicht näher. Schon verzichtete ich darauf, dem Verbindungsmodus der Ganglien am Afterpole mit den contractilen Elementen an den Ruderplättchen weiter nachzuforschen, als ein glücklicher Zufall die Arbeit in andere Bahnen lenkte.

Es fiel mir eines Tages auf, daß sich, wie vielen vor mir bekannt war, diejenigen Ctenophorenarten, welche eine viel weniger feste, eine viel schleimigere Beschaffenheit als Beroë besitzen, nach allen Richtungen hin zerreißen lassen, ohne daß ihre Schwingplättchen in Folge dessen die Fähigkeit einbüßen, sich viele Stunden, ja Tage lang noch ebenso lebhaft und regelmäßig als am unversehrten Thiere zu bewegen. So bemerkte ich bei Chiaja selbst keinen momentanen Nachlaß der Bewegungen an den Ruderchen, als ich das Thier dermaßen zerstückelte, daß seine Theile mit nur 1—3 Schwingplättchen ausgerüstet blieben. Ich beobachtete durchaus keinen durch die so großartige Verstümmelung des Thieres hervorgerufenen Effect an den einzelnen abgetrennten Ruderchen; ich sah sie mit derselben Lebhaftigkeit wie am lebenden Thiere noch zwei Tage nach ihrer Abtrennung im Meerwasser munter schlagen. Zugleich bemerkte ich ein anderes sehr auffallendes Verhalten, welches von dem der Beroë in seltsamer Weise abwich.

Als ich eine Beroë in ein halbes Liter frisch geschöpften und bei gewöhnlicher Temperatur anhaltend mit salpetersaurem Strychnin geschüttelten Meerwassers setzte, contrahirte sich das Thier sogleich, die Bewegung an den Schwingplättchen erlosch, statt dessen traten kräftige Contractionen am Körper auf, und endlich ging das Thier zu Grunde, ohne daß die Wimpern wieder angefangen hätten, sich zu bewegen. Auch noch in anderer Weise wurde dieser Versuch von mir ausgeführt. Ich halbirte nämlich eine Beroë der Quere nach derart, daß nur noch eine Substanzbrücke mit zwei wohlerhaltenen Rippen beide Hälften verband.

Ich ließ nach dieser Operation die Beroë einige Stunden in frischem Meerwasser, und als sich dann die Plättchen auch an den durchschnittenen Rippen des oralen Endes wieder in Bewegung gesetzt hatten, brachte ich das Afterende des Thieres in strychnisirtes Meerwasser, welches dieselbe Beschaffenheit wie jene Strychninlösung besaß, in welche ich vordem eine ganze Beroë gesetzt hatte. Die mundführende Hälfte des Thieres tauchte dagegen in frisches Meerwasser, und nur der schmale, zwei Kammfelder enthaltende Körperstreifen, welcher durch fortwährendes, vorsichtiges Befeuchten mit reinem Meerwasser constant feucht erhalten wurde, vermittelte den Zusammenhang zwischen den beiden Hälften. Diese Versuchsanordnung wurde ermöglicht, indem ich zwei Wassergläser, jedes derselben etwa 350 cbc. Flüssigkeit fassend, mit stumpfen, nicht zu dicken und genau gleich hohen Rändern dicht neben einander stellte (s. Fig. 2), dieselben anfangs nicht ganz füllte — damit ich beim Einsetzen der Beroë kein Ueberfließen der Feuchtigkeit aus dem einen in's andere Gefäß zu befürchten hatte —, dann die Beroë aus dem nebenstehenden Behälter nahm, in der aus Fig. 2 ersichtlichen Anordnung über die Ränder der Gefäße brückte, schnell die Gläser — das eine mit Strychninlösung, das andere mit Meerwasser — bis zum Rande füllte und die Verbindungsbrücke der beiden Beroëhälften mit Meerwasser betropfte. Letztere Manipulation wurde, solange der Versuch dauerte (3/4 Stunden), beständig unterhalten, indem ich dafür nach Kräften Sorge trug, daß das dabei von dem Verbindungsstreifen abfließende Wasser in das mit Meer-

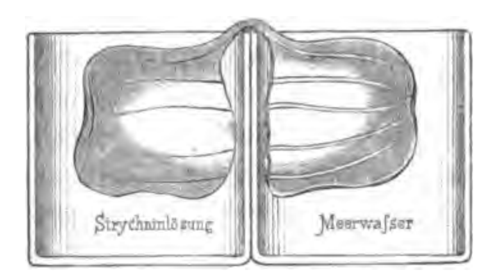


Fig. 2. Apparat zur Erläuterung der Strychninwirkung an Beroë ovatus.

wasser, nicht in das mit der Strychninlösung gefüllte Glas gelangte. Ein früher an derselben Beroë ausgeführter Versuch hatte mich gelehrt, daß sich bei dieser Versuchsanordnung kein unerwarteter Uebelstand einschleicht. Füllte ich die beiden Gefäße mit reinem Meerwasser und brückte das aufgeschlitzte Thier in bekannter Weise über die Glasränder, so verhielt es sich, wie zu erwarten stand: Die Bewegungen an den unverletzten Kammreihen begannen wie die an denen des Afterstückes sehr bald in normaler Form wieder, während die Ruderchen an den durchtrennten Rippen des Oralendes es wieder zu den vorher an ihnen bemerkbar gewesenen, ungeordneten Vibrationen brachten.

Wie macht sich nun in unserem Falle die Strychninwirkung an beiden Hälften des Beroëkörpers geltend? An der in der Strychninlösung befindlichen oralen Körperhälfte traten dieselben Symptome auf, welche wir bei Vergiftung des ganzen Thieres kennen lernten: Momentaner Stillstand der Schwingplättchen, Körpercontractionen, später das Erlöschen aller Bewegungen und schließlich der Tod. Auch an den Hälften der beiden unverletzt gebliebenen Rippen, welche reines Meerwasser umspülte, trat zuerst eine etwa 10 Minuten anhaltende Unthätigkeit der Ruderchen auf, nach dieser Zeit begann zuerst nur an der einen Rippe, später aber auch an der andern das Spiel der Ruderplättchen wieder, um so lange, wie der Versuch unterhalten wurde, mit ziemlicher Regelmäßigkeit fortzudauern; an den mit dem Afterpol außer directe Verbindung gesetzten Rippenhälften machte sich kein durch das Strychnin hervorgerufener Effect bemerkbar. Die Schwingplättchen auf dem Verbindungsstreifen geriethen, wohl weil sie sich in zu naher Berührung mit der Giftlösung befanden, nicht wieder in Bewegung.

Ich habe diesen Versuch dreimal wiederholt; das eine Mal ein ebenso unzweideutiges Resultat wie das beschriebene erhalten, zweimal sah ich gleichfalls den Schlag der Schwingplättchen

streckenweise an den in reines Meerwasser tauchenden Hälften der in ihrer ganzen Länge erhalten gebliebenen Rippen wiederbeginnen, während er bei dem vierten Versuche auch an diesen ausblieb. Die positiven Ergebnisse bedeuten in diesem Falle aber viel mehr als die negativen, da 1. die Wimperbewegung an einer ganzen, unlädirten, in eine Strychninlösung von gleicher Qualität eingesetzten Beroë nie wiederbegann, und da ich 2. aus meinen Versuchen zur Genüge weiß, eine wie lange Zeit oft vergeht, bis sich der Ruderschlag an den des Afterpols beraubten Stücken wieder in den Gang setzt.

Stellte ich den Versuch in umgekehrter Weise an, indem ich nicht das den Afterpol, sondern das den Mundpol führende Ende in die Strychninlösung brachte, so traten die nämlichen Erscheinungen nur mit dem Unterschiede auf, daß die Bewegung der Schwingplättchen in alter Regelmäßigkeit und unverhältnißmäßig früher als an den bei vorigem Versuche unvergiftet gelassenen Enden der in ihrer ganzen Länge erhaltenen Rippen an dem ganzen analen Theile der Beroë wiederbegann. An der bei dieser Versuchsanordnung vergifteten oralen Körperhälfte beobachtete ich nie wieder einen Wimperschlag.

Bleibt die Beroë nur kurze Zeit mit der Strychninlösung in Berührung, so gelingt es bisweilen, wenn man sie in frisches Meerwasser überführt, ihr das volle Wohlbefinden zurückzugeben; aber auch die Restitution ist bei einem einigermaßen längern (minutenlangen) Verweilen des Thieres in der Strychninlösung schon sehr mißlich; möglich jedoch, daß Andere, die mehr Muße als ich darauf verwenden würden, es auch an stärker strychnisirten Beroïden noch zu glücklichen Heilungen bringen werden.

Als ich nun aber die normalen, wimpernden Beroë mit denen verglich, welche ich kurz zuvor in die Strychninlösung gebracht hatte, fiel mir ein merkwürdiger Unterschied in der

Breite der Plättchen auf. Diese Beobachtung sollte der Schlüssel für das Verständniß des ganzen Schwimmplättchenmechanismus werden und die Differenzen erklären, welche zwischen so nahe verwandten Vertretern ein und derselben Classe bestanden. Ich bemerkte nämlich, daß, wie sich später zeigte, in allen Fällen, wo der Plättchenschlag bei einer lebenden Beroë zum Stillstand kam, auch die Plättchen mehr in die Tiefe rückten, daß sich die angrenzenden Gewebe leistenartig über sie hinüberschoben, und daß ihr Breitendurchmesser nur aus diesem Grunde verkürzt erschien. Dieselbe Erscheinung erkannte ich an den in der Strychninlösung sich lebhaft krümmenden oder an den darin abgestorbenen Beroïden.

Bevor wir auf diese auffällige Thatsache näher eingehen, wird es rathsam sein, die Strychninwirkung an einer weit zerfließlicheren Ctenophorenform, an der rothen Chiaja aus dem Golfe von Nizza in's Bereich der Betrachtung zu ziehen.

Setzte ich diese Ctenophore oder Stücke derselben von beliebiger Größe und einer beliebigen Körperstelle entnommen in das Strychninwasser, welches zur Vergiftung der Beroë gedient hatte, so bemerkte ich bisweilen noch nach 6—8 Stunden keine Veränderung an dem Plättchenschlage, stets war derselbe nach mindestens drei Stunden — zu einer Zeit also, wo die Beroë in der Lösung längst abgestorben war — noch im besten Gange. An dieser Art war keine durch das Strychnin hervorgebrachte scheinbare Verkürzung der Breitendurchmesser der Ruderplättchen zu constatiren. Es wäre ein zu seltsames Zusammentreffen zweier functioneller Differenzen bei diesen Ctenophorenarten, wenn beide Abweichungen thatsächlich im Grunde verschieden, die eine nicht die Folge der andern sein würde. Schon deshalb nehme ich an, daß bei Beroë nach eingetretener Strychninvergiftung die Fähigkeit des Plättchenspieles ebenso wie bei Chiaja den Tod des Thieres überdauert, daß sie nur deshalb an Beroë

nicht zum Ausdruck gelangt, weil sich bei ihr die angrenzenden Gewebstheile über die Ränder der Schwingplättchen hinübergeschoben haben, und diese dadurch in ihrer Lage fixirt werden.

Ist diese Vorstellung richtig, so muss es gelingen, die Ruderchen dadurch, daß wir die übergreifenden Gewebsleisten entfernen, in den Stand zu setzen, ihr Spiel wieder aufzunehmen, und zwar muß, wie ich glaube, das Spiel nach dem Tode des Thieres nicht weniger lange fortbestehen bleiben, als es an den analogen Gebilden der Chiaja geschieht. Die gewünschte Operation ist aber vielleicht kaum auszuführen; jedenfalls bedarf es zu ihr besserer Instrumente und einer geschickteren Hand, als ich sie zu besitzen mich rühmen kann. Obgleich auch bei diesen Versuchen deshalb nur ein positives Ergebniß maßgebend werden kann, weil niemand anzugeben vermag, wo die automatischen Centren, von welchen jedes Schwingplättchen voraussichtlich auch bei Beroë ein eigenes besitzt, liegen, und ob dieselben nicht gerade bei der Operation beschädigt wurden, so räume ich doch gern ein, daß auch durch eine Menge von negativen Resultaten glücklich gewählter Versuche dieser Sache genützt werden könnte. Bislang wissen wir aber durchaus nicht, wie das Ergebniß der in dieser Richtung ausgeführten Versuche lauten wird, und wir haben, bis sich irgend welche Anhaltspunkte für die gegentheilige Auffassung bieten werden, gewiss allen Grund anzunehmen, daß der Plättchenschlag bei Beroë dieselbe Automatie wie bei Chiaja besitzt, daß diese bei Beroë nur durch einen Mechanismus, welcher sich an ganz andern contractilen Elementen, als sie direct die Bewegungen der Schwingplättchen vermitteln, abspielt, äußerlich verdeckt wird.

Mir mußte sehr daran gelegen sein, einen Stoff ausfindig zu machen, welcher ein reines Muskelgift für Beroë war, durch den zuvor eine Contraction der Muskeln geschaffen und diese durch

darauf folgende Starre im Contractionszustande fixirt[1]) wurden. Es ist mir nämlich wahrscheinlich, daß der Zustand, bei dem die Ruderplättchen frei an der Oberfläche hervortreten, der active Zustand der an diesem Apparate betheiligten Hautmuskeln ist, daß der Zustand, bei dem die Kämmchen in die Tiefe gerückt sind, den passiven, den Erschlaffungszustand der Hautmuskeln darstellt. Wie ich mir die Sachlage denke, wird aus dem Schema (Fig. 3) am Ende dieses Abschnittes leicht ersichtlich werden[2]).

Es liegt auf der Hand, daß, wenn es uns durch ein reines Muskelgift gelungen wäre, den secundären Einfluß dieser contractilen Elemente — bei deren Action die ohne ihre Dazwischenkunft beständig schlagenden Ruderchen an ihrem Spiele gehindert werden — auf immer zu beseitigen, wir an der Beroë denselben Fortbestand des Plättchenschlages zu notiren haben würden, wie an der Chiaja. Ich habe hieraufhin die Wirkung vieler Sub-

---

[1]) Es hat Anstoß erregt, daß ich (vergl. physiol. Studien a. d. Küsten der Adria. Abth. I, S. 23, 24, 30 ff.) bei Eledone von einer Lähmung der Radiärfasern im Contractionszustande spreche. Versteht man, wie es anders wohl nicht gut möglich ist, unter Lähmung nur die eingetretene Functionsunfähigkeit eines Apparates, so glaube ich den Sachverhalt nicht besser als durch den angewandten Ausdruck wiedergeben zu können. Oft geht der durch Gifte geschaffenen Lähmung ein Reizzustand voraus, die Muskeln contrahiren sich, und wenn sie in diesem Stadium gleichsam fixirt werden, nicht vor dem völligen Erlöschen ihrer Functionsfähigkeit in den Erschlaffungszustand übergehen, so bezeichne ich dieses Verhalten als eine „Lähmung im Contractionszustande".

[2]) Man könnte zwar auch der Ansicht sein, daß sich die contractilen Elemente, welche unter dem Einflusse der am Afterpol gelegenen centralnervösen Gebilde stehen, direct an die Schwingplättchen heften, daß somit ihr Contractionszustand in einem Hinabrücken der Ruderchen in die Tiefe, ihre Erschlaffung in einem Heraufsteigen der Kämme an die Oberfläche ihren Ausdruck finden würde. Leicht ließe sich, wenn diese Auffassung durch histologische Befunde eine bessere Stütze erhalten sollte, meine Auseinandersetzung demgemäß modificiren. Um Weitschweifigkeiten nach Kräften zu vermeiden, ist im Folgenden nur die im Texte niedergelegte, mir z. Z. berechtigter erscheinende Auffassung weiterhin berücksichtigt.

stanzen an Beroë untersucht, aber nie den gewünschten Effect erzielt. Die durch Coniin, Nicotin, Physostigmin, Chinin etc. hervorgerufenen Vergiftungsbilder lieferten für ein weiteres Verständniß dieses Mechanismus Verwerthbares nicht; theils waren die Erscheinungen derart, wie wir es vom Strychnin her kennen, theils traten erst bei stärkerer Concentration der Lösung (Chinin) noch viel weniger markirte Symptome auf. Im Veratrin erkannte ich ein Mittel, durch das es zwar gelingt, die contractilen Elemente dieses Hemmungsapparates dauernd im contrahirten Zustande zu erhalten; aber die Wirkung wird an ihnen erst dann bemerkbar, wenn die nervösen Theile bereits functionsunfähig geworden sind, sodaß zu der Zeit, wo die Schwingplättchen wieder an die Oberfläche rücken, auch die sie zu beständiger Thätigkeit veranlassenden Ganglien längst abgestorben sind. Daß es sich so in der That verhält, entnehme ich daraus, daß auch die Chiaja dem Veratrin gegenüber außerordentlich empfindlich ist, daß in schwach veratrinisirtem Meerwasser auch an Chiaja der Wimperschlag nach Secunden oder Minuten schon erlischt. Aber bis dahin, daß die Ruderchen bei Beroë im Verlauf der Veratrinvergiftung wieder an die Oberfläche traten, vergingen bei meinen Versuchen immer 15—30 Minuten. Führte ich die Veratrinvergiftung nach der bei Besprechung der Strychninwirkung näher erörterten Methode an einer nur durch eine schmale Körperbrücke mit dem andern Ende im Zusammenhang stehenden Beroëhälfte aus, so unterschieden sich die dabei an dem im Meerwasser befindlichen Stücke auftretenden Erscheinungen in Nichts von denen, welche ich bei der in gleicher Weise vorgenommenen Strychninvergiftung an ihnen auftreten sah.

Wichtig scheint mir nur noch, auf die große Verschiedenheit des Verhaltens beider Ctenophorenarten dem Curare gegenüber hinzuweisen. In curarisirtem Meerwasser, welches circa 1 : 500—600 Curare enthielt, zog sich die Beroë rasch und energisch zusammen,

das Thier sank zu Boden, und es blieben an ihm nur die ungeordneten Zusammenziehungen der Körpermuskeln bemerkbar, welche wir an den des Afterpols verlustig gewordenen Beroëscheiben vor Rückkehr des Schwingplättchenschlages gleichfalls kennen lernten. Die Wiederherstellung der Beroïden, welche nur 1—2 Minuten in der Curarelösung verweilt hatten, gelang mir durch Ueberbringen in frisches Meerwasser leicht, erforderte jedoch immer fast eine oder selbst mehrere Stunden. Ob bei Beroë das Curare eine Wirkung auf die Ganglien am Afterpol, auf Theile der nervösen Leitung oder auf contractile Elemente äußert, ist mir nicht recht gelungen, durch Versuche zu entscheiden.

Es stellte sich auch hier der Ausführung eines bindenden Versuches der Umstand hindernd in den Weg, daß man das anale Ende der Beroë vergiften und den Effect an den ungeordneten Bewegungen der oralen Hälfte, die bekanntlich oft viele Stunden ausbleiben, beobachten muß. Mir scheint das Curare — und ebenso wirkte das von *Merck* bezogene Curarin — eine centralnervöse wie periphere Wirkung auf Beroë auszuüben, doch ist letztere ohne Frage vorherrschender, wennschon viel weniger prägnant. Ich beobachtete nämlich wiederholt in Fällen, wo nur ein zwei Rippen enthaltender Körperstreifen das Mund- und Afterende verband, und ersteres in Meerwasser, letzteres in Curarewasser flottirte, an der oralen Hälfte der intact gelassenen Rippenreihen einen deutlich sichtbaren und selbst viele Minuten anhaltenden Ruderschlag.

Ganz anders macht sich die Curarewirkung an der Chiaja. Auch an dieser erlöschen in der Curarelösung bald die als spontan aufzufassenden Bewegungen, aber das Spiel der Schwingplättchen hält je nach der Concentration der Lösung (1:200—1000) mehrere Minuten, ja fast eine Stunde an, — was wiederum beweist, daß das Curare nur einen geringen Grad einer directen Wirkung auf den Schlag der Ruderplättchen äußert.

Das Atropin, das Helleboreïn, das Digitalin wie der Kampher wirken schlecht sowohl auf Beroë als auch auf Chiaja.

6 h. 10 min. setzte ich eine Beroë in frisch geschöpftes Meerwasser, welches 0,1 % Atropinum sulfuricum enthielt. Bis 6 h. 22 min. im Allgemeinen lebhafte Bewegungen der Schwingplättchen. In der Nähe des Afterpols waren schon von 6 h. 15 min. ab Contractionen der Hautmuskeln bemerkbar gewesen, in Folge dessen das Spiel der Ruderplättchen an diesem Theile stellenweise nachließ, und welche sich von 6 h. 22 min. an auf weitere Körperbezirke ausdehnten. Mehr und mehr erlosch dann der Ruderschlag an mehreren Rippen, die Plättchen rückten in die Tiefe; an einigen Rippen erhielt sich die Bewegung einzelner Ruderchen noch fernere 30 Minuten. An der sofort nach Halbirung der Beroë in eine 0,1-procentige Atropinsulfatlösung gesetzten Mundpolhälfte begann die Bewegung der Schwingplättchen schon wieder nach 5 Minuten.

In einer Helleboreïnlösung (1 : 500 Meerwasser) schlugen die Ruderchen an einer ganzen Beroë noch nach einer Stunde. An dem Mundende einer zweiten Beroë begann der Wimperschlag in der Helleboreïnlösung ebenso früh als in reinem Meerwasser, und auch am flimmernden Afterpolstücke kam die Bewegung der Schwingplättchen in der Helleboreïnlösung ebenso spät wie an der ganzen Beroë zur Ruhe.

Im Kampherwasser bewegten sich an der oralen Hälfte einer Beroë die Schwingplättchen, trotzdem sie stellenweise von Kampherpulver bedeckt waren, noch nach drei Stunden; es schien mir selbst, als ob nach Bestreuen mit Kampherpulver der Ruderschlag an den afterpollosen Stücken nach der Operation eher als wie in reinem Meerwasser wiederbegann.

Diese Angaben mögen genügen, um uns von der Wirkung des Atropins, des Helleboreïns — ganz ähnlich verhält sich nach meinen Versuchen das von *Merck* bezogene Digitalin — und des

Kamphers auf Beroë wenigstens eine Vorstellung zu geben. Verwerthbares Material für das Verständniß des Schwingplättchen-mechanismus ist durch diese Versuche nicht geliefert. Die Resultate meiner an Chiaja mit Atropin, Helleboreïn und Kampher versuchten Vergiftungen entsprechen den an Beroë gewonnenen und bleiben für unsern Zweck ebenso fruchtlos.

Durch die Ergebnisse unserer Vergiftungsversuche, durch die mehr vergleichende Behandlung ein und desselben Gegenstandes bei unzweifelhaft nahestehenden Formen, welche sich mehr durch den Grad der Consistenz ihrer Körpermasse als durch ihre Organisation unterscheiden, sind wir dem Verständnisse des Apparates, durch den die Ruderplättchen bei Beroë in Bewegung gesetzt werden, durch den ihre Schlagfolge geregelt wird, entschieden näher gerückt als durch die Resultate unserer einfachen Durchschneidungs- und Reizversuche; die Letzteren haben bereits im Früheren ihre Erledigung gefunden; es erübrigt jetzt, den Bestand unseres gegenwärtigen Erfahrungsschatzes festzustellen und aus ihm ein Resumé zu geben.

Wir wissen von Beroë, daß

1. in Curare-, Strychnin- und in vielen andern Giftlösungen die Bewegung ihrer Schwingplättchen momentan aufhört und in den Giftlösungen nie wieder beginnt;

2. beim Einsetzen in die erwähnten Giftlösungen die Ruderplättchen in die Tiefe rücken;

3. nach ausgeführter Quertheilung die Bewegung der Ruderplättchen viel länger an den des Afterpols entbehrenden Theilstücken des Beroëkörpers stockt als an denen, welchen letzterer erhalten blieb;

4. sich an Afterpol-führenden Enden die Schwingplättchen wie am normalen Thiere bewegen.

Dagegen fanden wir, abweichend von dem Verhalten der Beroë, bei Chiaja

1. eine große Immunität ihres Ruderschlages nicht nur gegen Strychnin, sondern auch gegen Curare;

2. daß durch kein in Anwendung gebrachtes Gift eine leistenartige Ueberwallung der Ruderplättchen seitens der angrenzenden Hautpartien in einer an den Beroëplättchen beobachteten analogen Weise hervorzubringen war, und

3. daß der Ruderschlag an allen Theilstücken seinen völlig normalen Charakter, gleich von der Zeit ihrer Abtrennung an, bewahrt.

Ist es wahrscheinlich, daß sich Chiaja dem Curare, dem Strychnin gegenüber, in der Anordnung des ganzen Nervensystems — kurz physiologisch und organisatorisch völlig verschieden von Beroë verhält? Werden diese Abweichungen nicht dadurch leicht verständlich, daß wir selbst unter den Wirbelthieren den einen Repräsentanten einer Vergiftung (z. B. der durch Strychnin) viel besser widerstehen sehen als einen andern? Ich antworte darauf, daß Letzteres immerhin Ausnahmen sind, die gesucht sein wollen, und daß so auffällige und mehrfache Differenzen, wie wir ihnen scheinbar bei diesen beiden nahe verwandten Arten begegnen, unter den höheren Cölenteratenformen kaum verwirklicht sind. Eine einheitliche Ursache von mehr untergeordneter biologischer Bedeutung als irgend eine, die uns ein verschiedenes Verhalten völlig analoger Gewebe gegen Curare und Strychnin verständlich machen könnte, muß diesen Verschiedenheiten zu Grunde liegen, und worin ich diese gegeben finde, soll das Folgende lehren.

Nur eine am Schwimmplättchenapparate der Beroë angebrachte, gleichsam als Sperrhaken wirkende Complication wird am Schwingplättchenapparate der Chiaja fehlen, — und deren Abwesenheit bei Chiaja erklärt sich aus der durchgängig weichen Körperbeschaffenheit dieses Ctenophoren. Der beständige Schlag

ihrer Ruderplättchen ist ein rein automatischer Vorgang, vermittelt durch Elemente von functionell ganglionärem und contractilem Werthe — beides histologisch untrennbar oder histologisch zu unterscheiden, wir wissen es nicht.

Diese Automatie der Schwingplättchenbewegung existirt für mich auch bei Beroë. Die gewissermaßen starren Gewebsleisten beiderseits der Kammreihen werden durch den Tonus contractiler Gebilde (— vorausgesetzt die Uebereinstimmung der Curarewirkung an Beroë, Aequorea, Sagartia etc. — vielleicht den quergestreiften Muskeln analoger Gewebe) in der Regel verhindert, die Kanten der Schwingplättchen zu überdecken und so deren Bewegungen unmöglich zu machen. Aber die ganglionären Herde, von denen aus dieser Muskeltonus unterhalten wird, sind nicht dem Willen des Thieres entzogen. Sie stehen mit Hemmungsfasern im Zusammenhange, deren Ursprungsstelle in den Ganglien am Afterpole zu suchen ist[1]). Ihre Erregung hebt den Muskel-

[1]) Hier scheint mir der geeignete Ort zu sein, meine Erklärung der Strychninwirkung an Beroë folgen zu lassen. Ich halte mich dabei an den durch Fig. 2 versinnlichten complicirtesten Versuch.

Zuerst sahen wir, als die mundführende Hälfte in die Strychninlösung gebracht wurde, einen Stillstand der Schwingplättchen an dem oralen wie analen Ende zu Stande kommen. An letzterem bewegten sich die Ruderchen an den durchtrennten Kammreihen selbst früher wieder als an denen, die in ihrer ganzen Länge erhalten geblieben waren. Diese Erscheinung deutet darauf hin, daß zuerst das Strychnin die Ganglien am Afterpole in einen Reizzustand versetzt, daß, wie ich oben weiter auseinanderzusetzen haben werde, wir in diesem Falle an den, mit dem Afterpole in anatomischem Zusammenhang gebliebenen Schwingplättchen des unvergiftet gelassenen oralen Endes denselben Effect vor uns haben, der an ihnen eintritt, wenn wir die Rippen durchschneiden. Aber dieser durch das Strychnin direct oder indirect bewirkte Reizzustand der ganglionären Elemente am Afterpol ist kein dauernder, ihm folgt eine Lähmung. Hat diese sich in hinreichender Stärke ausgebildet, so erscheint der normale Tonus der Muskeln (bei deren Erschlaffung die Schwingplättchen in die Tiefe rückten und in Folge dessen ihre Thätigkeit einstellten) wieder, die Ruderchen werden von der

tonus auf und bringt in nicht mißzuverstehender Weise die Schwingplättchen zum Stillstande. Diese Verhältnisse erhalten in Fig. 3 ihren Ausdruck.

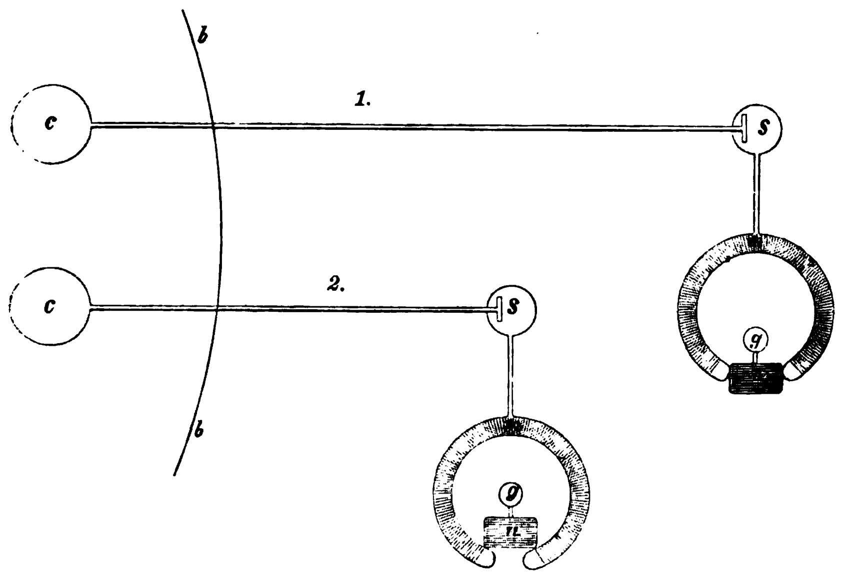


Fig. 3. Schematische Darstellung des Schlagwerkes der Schwingplättchen bei Beroë ovatus. *1.* Schwingplättchen frei hervortretend. *2.* Schwingplättchen eingeschlagen.

Ich habe in Fig. 3 bei *a* und *a* zwei Ruderplättchen schematisirt, welche zu zwei verschiedenen Kammreihen gehören. Der über ihnen gezeichnete kleine Kreis *g* stellt ihr automatisches Erregungscentrum dar. Beides halbkreisförmig umscheidend — weil so am einfachsten zum Ausdruck zu bringen —, liegt die Hautmuskulatur *m*, reactionsfähig auf die ihr vom Ganglion *s* beständig zugehenden Impulse, welche ihrerseits durch die von den Ganglien des Afterpols *c* ausgehenden Reize willkürlich ausge-

sie bis dahin leistenartig befestigenden Gewebsmasse entlastet und beginnen ihr Spiel oft mit alter Regelmäßigkeit wieder.

Ganz dieselbe Deutung gebe ich den entsprechenden Ergebnissen meiner Vergiftungsversuche mit Veratrin.

schaltet werden können. Die Linie *b* versinnlicht den Zustand, welchen wir an Beroë schaffen, wenn wir sie des Afterpolendes berauben. Man müßte dem Schema gemäß genau den entgegengesetzten Effect von diesem Eingriff erwarten, der bekanntermaßen darnach eintritt; denn nicht eine Contraction der Muskeln, sondern eine Expansion derselben und demgemäß ein in die Tiefe Rücken der Ruderplättchen ist die Folge dieser Operation. Nun ist aber zu bedenken — und für die Richtigkeit dieser Deutung der Thatsachen spricht die große zeitliche Verschiedenheit im Wiederbeginn des Ruderschlages bei den einzelnen Versuchen und die Unbeständigkeit der Bewegungen an den Schwingplättchen, wenn diese einmal wieder begonnen haben: derartige Schwankungen entstehen bei keinem reinen Versuche; sie bezeugen, daß hier Nebenumstände im Spiele sind, die der Experimentator bei der Ausführung der Operation selbst geschaffen, die er aber nicht zu übersehen und abzuschätzen versteht — es ist zu bedenken, sage ich, daß auch beim Chamäleon, ja vielleicht sogar bei dem höchst organisirten Wirbelthiere, bei dem Menschen, die auf nervösen Bahnen zugeleiteten Impulse noch lange die peripheren Theile zu beeinflussen fortfahren, wenn die ganglionären Herde, von denen der Anstoß ausging, durch den operativen Eingriff mit den peripherischen Organen längst außer Verbindung gesetzt sind. Mögen es nun an der durch die Operation bloßgelegten Stelle die Leitungsbahn[1]) bei der Berührung mit dem äußeren

[1]) Aus der Beobachtung *Eimer*'s (a. a. O., S. 290), daß, „wenn an einer Beroë einige Centimeter unterhalb des Afterpols ein Zirkelschnitt um den Körperumfang gemacht, dann so lange gewartet wird, bis die Flimmerung in den aboralen wie in den oralen Radienabschnitten wieder normal lebhaft ist (ohne jedoch zwischen beiden vollkommen continuirlich zu sein, und jetzt das Thier in dem vorhin um dasselbe herumgeführten Zirkelschnitte durch Vertiefung dieses Schnittes vollkommen in zwei Theile getrennt wird, die Bewegung in beiden Theilen (selbst unmittelbar nach der

Medium immerfort von Neuem treffende Reize sein, die den unter normalen Bedingungen nur von den Ganglien am Afterpole zeitweilig bewirkten Hemmungszustand unterhalten, oder mag der von diesen bei der Operation auf die peripheren Ganglien ausgeübte Impuls durch die Nervenleitung fixirt werden, — jedenfalls müssen wir, wie ich glaube, die Erklärung dafür, daß die Schwingplättchenbewegung mehr oder weniger lange nach der Entfernung des Afterpolendes ganz oder theilweise an den Kammreihen aussetzt oder unregelmäßig wird, in einer Reizung von Hemmungsfasern suchen.

Ohne Zuhülfenahme der bislang ohne jede Analogie gebliebenen Vorstellung, daß sich innerhalb fünf Minuten — denn dieses war die Zeit, in welcher ich zwar nur in wenigen Fällen die Schwingplättchen an einzelnen Rippen der Mundhälfte sich wieder bewegen sah — in dem Beroëkörper ganglionäre Ersatzcentren für verloren gegangene Theile ausbilden sollen, glaube ich so dem bislang sicher Beobachteten, — was zwar wenig, aber an sich des Merkwürdigen genug ist, — einen schematischen Ausdruck gegeben und dadurch für weitere Untersuchungen vorbereitet und spruchreif gemacht zu haben.

Weit davon entfernt, zu glauben, daß schon jetzt das Richtige von mir nur annähernd getroffen ist, haben mich meine Untersuchungen hinreichend überzeugt, daß sich das von mir aufgestellte Schema im Laufe der Zeit nicht vereinfachen, sondern noch viel complicirter gestalten wird. Manches deutet z. B. schon jetzt darauf hin, daß die automatischen Centren, welche die Ruderplättchen befähigen, sich beständig bewegen zu können, weiterhin von Hemmungsapparaten beeinflußt werden. Ueberall, wo die Detailforschung anfing intensiver zu werden, wo wir uns mit bis-

---

vollständigen Trennung) ebenso fortdauert, wie sie vor derselben stattfand" — folgt, daß die nervösen Stränge bei Beroë der Oberfläche genähert verlaufen.

lang weniger gebräuchlichen Mitteln dem Verständnisse der Lebensvorgänge zu nähern versuchten, stießen wir selbst bei den einfachst erscheinenden Wesen auf functionelle Complicationen, zu deren Erklärung die heutige Kenntniß der wunderbaren Einrichtungen höchst organisirter Formen nicht mehr genügte.

Die wechselvollen Lebensäußerungen, welche wir an den kleinsten Organismen bemerken — in der Rhythmik ihrer Flimmerung, der Verstärkung derselben auf dieser, ihrem Nachlassen auf jener Seite, in dem rhythmischen Wechsel der Füllung ihrer contractilen Bläschen, in ihrer geregelten Stoffaufnahme, ihrem Stoffansatz und Stoffverbrauch, in der Fülle sichtlich verschiedener Stoffwechselproducte — lassen uns vielleicht nur entfernt ahnen, was hier an einem harmonischen Zusammenwirken unzähliger Processe, beschränkt auf den kleinsten Raum, geleistet wird. Erscheint uns bei ihnen die formelle Differenzirung auch noch so gering, so werden gerade dadurch diese Wesen für uns nur zu einem um so größeren biologischen Räthsel; ganz besonders, wenn wir bei ihnen Lebensäußerungen begegnen, welche wir sonst in der lebendigen Welt sich nur an Apparaten von höchst complicirter Construction vollziehen sehen, und bei ihnen Processe antreffen, die ohne das geregelte Zusammenwirken sehr verschiedenartiger Factoren uns gegenwärtig unbegreifbar bleiben müssen. Wer möchte sich erkühnen, zu behaupten, daß selbst da, wo die feinsten Methoden uns nur Gleichartiges verrathen, daß da, wo für unsere Geschmacksnerven kaum wahrnehmbare Chininmengen die gesammte Protoplasmamasse des Infusorienleibes in ein opakes Eiweißkörnchen verwandeln, der Stoffumsatz nach Einer chemischen Formel verläuft, das lebende Protoplasma ein chemisch reiner Körper ist, nur erregt und getrieben von den elementaren Substanzen und den festgefügten Verbindungen der Außenwelt!

Ueber die Mechanik des Farbenwechsels bei Chamæleon vulgaris, *Cuv.*

Während das Chromatophorenspiel bei den Cephalopoden in dem letzten Jahrzehnt mehrfach bearbeitet wurde, und sein Mechanismus bis auf das Contractionsvermögen des Pigmentkörpers jetzt sicher ergründet sein dürfte, so erfreute sich der nicht weniger auffällige Farbenwandel bei den Chamäleonen in den letzten zwanzig Jahren kaum mehr einer allgemeineren Beachtung. Aus der Form, in welche die Ergebnisse der Forschung über den Farbenwechsel des Chamäleons in den neuesten biologischen Lehrbüchern gekleidet sind, ließe sich sogar entnehmen, daß dieser Gegenstand seit *Brücke*'s bahnbrechender Arbeit gar keinen Forscher mehr angezogen habe. Aber wie durch die histologischen Untersuchungen von *Harting* und *Conrad Keller* einst die Frage nach der Mechanik des Chromatophorenspieles bei den Cephalopoden auf eine wesentlich andere, wie sich zeigte, zwar auf eine falsche Bahn gelenkt wurde, so ist auch durch *P. Bert*'s Experimente der frühere Stand unserer Kenntnisse von der analogen Erscheinung bei den Chamäleonen weiterhin sehr verändert, ja es würde durch *Bert*'s Arbeit — vorausgesetzt die Richtigkeit seiner Versuche und seiner Schlüsse — auch das Zustandekommen der Farbenveränderung am Chamäleon unserem Verständnisse jetzt sehr nahe gerückt sein.

Als es mir geglückt war, durch Combinationsvergiftungen neue Anhaltspunkte für die Richtigkeit von Schlüssen, welche frühere Forscher aus Reizversuchen und mikroskopischen Befunden

für Eledone abgeleitet hatten, zu liefern und die Gegenwart zwar noch nicht gesehener Ganglien in unmittelbarer Nähe der Radiärfasern für diese Cephalopodenspecies experimentell zu beweisen, da mußte mir daran gelegen sein, mittelst dieser an Eledone erprobten Methode auch die Klarlegung des Mechanismus des Farbenwechsels beim Chamäleon anzustreben. Da aber eine größere Anzahl von Thieren, als sie den früheren Untersuchern zu Gebote gestanden hatte, erforderlich war, um die Fragen, welche sich uns besonders bei der Erforschung des Chromatophorenspieles der Cephalopoden aufgedrängt hatten, für die äußerlich so verwandte Erscheinung an der Chamäleonenhaut auf meine Weise der Entscheidung näher zu führen, begab ich mich, damit die Ausführung meines Vorhabens aus Mangel an Thieren keinen Aufschub erfuhr, in die Heimath der Chamäleonen, an die nordafrikanische Küste. So entstand diese Arbeit in der ersten Hälfte des April und im Anfang Mai d. J. zu Tunis.

Vergleicht man die unzweideutigen Wirkungen, welche sich durch verschiedene Gifte an abgetrennten Hautstücken von Eledone zu erkennen geben, und welche nicht anders erfolgen, wenn man einen größeren Körpertheil des Thieres oder die unversehrte lebende Eledone vergiftet, mit den — die Kampherwirkung allein ausgenommen — rein negativen Ergebnissen, welche die entsprechenden Versuche an Pleuronectiden zur Folge hatten, dann wird es noch dringender geboten erscheinen, das Verwandte in das Bereich der Untersuchung zu ziehen und nach vermittelnden Gliedern zwischen beiden unter sich so abweichenden Mechanismen zu suchen. *Brücke*'s Belichtungs-, *Bert*'s Durchschneidungs- und Reizversuche an der Chamäleonenhaut, *v. Wittich*'s und *Lothar Meyer*'s entsprechende Beobachtungen an Fröschen ließen erwarten, daß im Farbenwechselapparate des Chamäleons das gewünschte Uebergangsglied gegeben sei, daß hier zwar periphere Ganglien wie in der Cephalopodencutis existiren, aber daneben nur form-

veränderliche, unter Nerveneinfluß stehende Pigmentzellen, welche nicht durch Muskelringe zur Contraction oder durch radiär angeordnete Muskelstreifen zur Dilatation gebracht werden, sondern wie die freilebenden Protoplasmamassen ihre Form auch selbständig verändern können. Es wird sich aus dem Folgenden ergeben, in wie weit diese Vermuthung das Richtige getroffen hat, und in wie weit es mir gelungen ist, das Verständniß des seltsamen Farbenapparates in der Chamäleonenhaut zu fördern.

Ich gruppire das mir aus der Literatur und durch meine eigenen Untersuchungen bekannt gewordene in der Art, daß ich — ebenso, wie ich es früher gethan habe — die Erörterung der an den peripheren Theilen geschaffenen Veränderungen auf die der Vergiftungserscheinungen an den centralwärts gelegeneren folgen lasse. Wie in meiner Arbeit über den Mechanismus des Chromatophorenspieles bei Eledone moschata werde ich auch hier nur die Wirkungen derjenigen Gifte eingehender und im Zusammenhange besprechen, deren Deutung mir sicher genug erscheint, um darauf weiterbauen zu können; die durch manche Stoffe hervorgerufenen complicirten Vergiftungsbilder, die mir unverständlich gebliebenen Wirkungsweisen einiger Substanzen, die weniger prägnant hervortretenden und die unsicheren Versuchsresultate sollen dagegen in Kürze erst am Schlusse der Abhandlung besprochen werden.

Viele Gifte manifestiren ihre Wirkung bei Chamäleon an anderen Apparaten als bei Eledone. Es wird deshalb eine eventuell bestehende Uebereinstimmung zwischen den Farbenapparaten beider Thiere in der Uebereinstimmung der durch ein und dasselbe Gift an beiden Thierarten hervorgerufenen Effecte nicht nothwendig ihren Ausdruck finden. Nur auf Umwegen, unter Berücksichtigung anderer Factoren, indem wir jedes Vergiftungsbild gleichsam analysiren, wird es uns so wenigstens in einigen Fällen gelingen, das Gemeinsame der Erscheinungen bei beiden Thieren herauszu-

lesen und offenbare Verschiedenheiten zwischen den Farbenapparaten beider morphologisch sehr verschiedenen Wesen aufzudecken.

I. Das Erregungscentrum im Gehirn und Rückenmark.

Eine der wichtigsten, schon lange bekannten, aber vielleicht nicht genügend gewürdigten Thatsachen ist die, daß die schlafenden Chamäleonen hell gefärbt sind, daß, wie ich hervorheben muß, dieses ausnahmslos der Fall ist. Selten erhalten sich am schlafenden Thiere wohl auch einige dunkele Strichelchen oder Flecke und am Schwanze einige schwarze Ringe; aber diese local sehr beschränkte Dunkelfärbung dürfte um so weniger von Bedeutung sein, als in solchen Fällen der Schlaf kein tiefer zu sein scheint, wohl auch psychische Erregungen (Traumbilder) hier complicirend eingreifen werden. Von meinen 40—50 Exemplaren, welche ich zur Nachtzeit beobachtete, zeigte keines im Schlafe eine so dunkle Farbe, wie sie das Chamäleon auf Tafel III des *van der Hœven*'schen Werkes[1]) auszeichnet, und nie beobachtete ich an wirklich schlafenden Thieren eine auffälligere Verdunkelung der Haut, wenn ich mich ihnen in der Nacht mit zwei brennenden Stearinkerzen näherte. Aus diesen Beobachtungen schließe ich, daß wenn das Chamäleon in Unthätigkeit und Ruhe verharrt, wenn keine Gefühle von Angst oder Zorn es quälen, seine Oberflächenfärbung eine helle ist, daß die psychischen Effecte auf dieselbe einen weit bedeutenderen Einfluß ausüben als der Unterschied von Hell und Dunkel. Es ist wiederholt behauptet, daß das Licht einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Farbe der Chamäleonenhaut besitze; dieser Einfluß ist aber meines Erachtens ein

---

[1]) *J. van der Hœven,* Icones ad illustrandas coloris mutationes in chamæleonte. Lugduni Batavorum. 1831. Die tiefe Schwarzfärbung, welche die Chamäleonen häufig annehmen, ist, wie schon *Brücke* (Denkschr. d. Wiener Acad. a. a. O., S. 190) hervorhob, auf keiner Tafel zum Ausdruck gebracht.

sehr geringer und tritt im Leben gegen den spontanen Wechsel der Hautfarbe ganz zurück. Exponirte ich den Käfig, in welchem sich mehrere Male 5—6 Chamäleonen befanden, den directen Sonnenstrahlen, so fand ich, wenn ich nach einiger Zeit zurückkehrte, einen Theil der Thiere vollständig schwarz, andere grün oder gelb. Es fiel mir bei diesen Versuchen auf, daß es vorwiegend die kleineren Thiere waren, welche sich am Lichte tiefschwarz färbten, während die größeren meist heller blieben; aber auch bei diesen traten zeitweise dunkelere, bei jenen zeitweise hellere Tinten auf, war es, daß die Thiere mit anderen gemeinschaftlich in einem Käfig untergebracht, oder daß sie von den übrigen getrennt waren.

So sehr ich darauf achtete, konnte ich ferner nicht bemerken, daß der Umschlag aus dunkeleren in hellere Töne längerer Zeit bedurfte als die Schwarzfärbung der gelben Hautdecke und umgekehrt; ich muß mich deshalb dafür entscheiden, daß das Chamäleon ebenso rasch die hellsten wie die dunkelsten Tinten anzunehmen im Stande ist.

Klemensiewicz hat zuerst an einem Cephalopoden die wichtigen Versuche ausgeführt, welche darin bestanden, daß er am bloßgelegten Centralorgane die nach Durchschneidung und Reizung einzelner Hirntheile eintretenden Veränderungen an der Oberflächenfärbung genau ermittelte. Er fand, daß sich bei Eledone die Chromatophoren von bestimmten Partien der Ganglia optica und der Pedunculi sowie von dem mittleren und oberen Theile der Commissura optica aus isolirt erregen lassen. Durchschnitt ich am bloßgelegten Gehirne eines Chamäleons die Augenstiele, so trat bald eine Hellfärbung ein, welche der bei schlafenden Thieren an Stärke durchaus glich. Reizte ich umgekehrt an so operirten Chamäleonen durch einen schwachen electrischen Strom die centralen Stümpfe der Augenstiele, so trat bald — anfangs an einzelnen Körperpartien, später meist auch ein totales Dunkel-

werden der Haut ein, welches beim Aufhören der Reizung einem Abblassen Platz machte. Denselben Effect bemerkte ich, als ich dem unbeschädigten, muntern Thiere einen sehr schwachen electrischen Strom durch die Augen schickte.

Der Einwirkung von Hell und Dunkel auf die Färbung der Chamäleonenhaut waren besonders die letzten Arbeiten, welche in den funfziger Jahren erschienen, gewidmet. Als durch die Beobachtungen von *Milne-Edwards*, *Brücke* und *Thuret* (Ann. of nat. hist. Ser. II. T. XII, p. 292 und Proc. Zool. Soc. 1851. p. 203) die Meinung, daß das Chamäleon die Farbe seiner Umgebung annehme, beseitigt war, und sich auch die älteren Auffassungen, welche den Grund des Farbenwechsels in dem Aufblähen, in pathologischen Verhältnissen etc. suchten, als unrichtig herausgestellt hatten, trat die Frage nach dem Einflusse des Lichtes mehr und mehr in den Vordergrund. Durch *Peiresc*, *Vrolik*, *Spittal*, besonders aber durch *Brücke*'s sorgfältige Untersuchungen erfuhren wir, daß sich in der That eine Wirkung des Lichtes am lebenden Thier, nicht aber an abgetrennten Hautstücken desselben bemerkbar macht, daß lediglich das Licht und nicht die Wärme das verursachende Moment ist. Wenn aber *Brücke* meint, daß unter den Einflüssen, welche das Chamäleon dunkel färben, das Licht oben anstehe, so glaube ich die Versuchsergebnisse, welche diesen Ausspruch zu bekräftigen scheinen, auch anders deuten zu können.

Es sind zur Erledigung der Frage nach dem Lichteinfluß zwei verschiedene Versuchsanordnungen getroffen, deren Resultate immer zusammengefaßt sind, während sie, wie ich glaube, nothwendig auseinandergehalten werden müssen. Man hat nämlich 1. die Thiere abwechselnd im Lichte und im Dunkeln gehalten und so den Erfolg der Belichtung festzustellen versucht; 2. hat man aber einzelne Körpertheile des lebenden oder frisch getödteten Thieres durch aufgelegte Metallstreifen etc. dunkel gehalten, während andere Partien dem Sonnenlichte exponirt blieben.

Die Versuchsreihen ersterer Art ergaben, daß die Chamäleonen in der Dunkelheit blaß und hellfärbig werden, und daß ihre Haut am Lichte wie Chlorsilber dunkelt. Aber schon *Brücke* bemerkt, „daß man von letzterer Vorstellung bald wieder zurückkommt, wenn man, wie dies nicht selten geschieht (namentlich wenn sie sich lebhaft bewegen oder bewegt haben, vom Fressen oder von einer ihrer häufigen und höchst possirlichen Raufereien zurückkehren etc.) die Thierchen einmal ziemlich hellfarbig im vollen Sonnenlichte umherspazieren sieht". Ist in solchen Fällen auch die Farbe nicht so blaß wie an den schlafenden Dunkelthieren, so ist der Unterschied in der Hautfärbung verschiedener Thiere — wie ich oft zu beobachten Gelegenheit hatte — häufig stundenlang so intensiv, daß jeder, der von dem Farbenwandel keine Kunde erhielt, die hellen und dunkeln Thiere für verschiedene Species halten muß; ja selbst in der Naturkunde wohl bewanderte Männer, denen der Farbenwechsel der Chamäleonen nicht unbekannt war, zauderten anfangs, ob sie hier wirklich ein und dieselbe Art vor sich hatten. Berücksichtigen wir andererseits, daß wir auch ohne irgend bedeutungsvolle Eingriffe den Dunkelthieren eine tiefschwarze Färbung ertheilen können, und daß, wie sich aus dem Folgenden zur Genüge ergeben wird, die durch die verschiedensten Gifte hervorgerufenen Erscheinungen in gleicher Weise eintreten, ob wir die Thiere am Lichte lassen oder in's Dunkele bringen — so haben wir uns vorerst nach bedeutungsvolleren Factoren für das Zustandekommen des Farbenwechsels bei dem Chamäleon umzusehen, als sie im Wechsel der Belichtung direct gegeben sind. Schon *Brücke*'s Bemerkung, daß die Chamäleonen im Hellen erregt und munter, in der Dämmerung oder in einem schlecht beleuchteten Zimmer aber träge und schläfrig sind, liefert, wie ich glaube, den Schlüssel für die richtige Deutung der meisten Beobachtungen, welche über die Lichtwirkung gesammelt sind. Ich bin durch meine

Untersuchungen entschieden zu der Ansicht gelangt, daß bei gewissen Gemüthseffecten (weniger vom Lichte beeinflußt) die Chamäleonen im Allgemeinen dunkeln, daß das Erlöschen derselben im normalen Schlafe sie erblassen macht.

Liegt es uns daran, die Mechanik auch dieses Farbenapparates verstehen zu lernen, dann wird es unsere erste Aufgabe sein, Experimente ausfindig zu machen, welche durch unbedeutende Momente — wofür ich z. B. die verschiedenen Helligkeitsgrade halten muß — nicht beeinträchtigt werden und Mittel aufzufinden, welche der Oberfläche des Chamäleons ein ganz bestimmtes Colorit verleihen, gleichgültig ob wir sie bei starker Beleuchtung oder in tiefer Dunkelheit bei den Chamäleonen in Anwendung bringen. Jeder bindende Versuch muß stets zu demselben Resultate führen, einerlei, ob wir an dunkelen oder blassen Thieren experimentiren, d. h. durch ein und denselben experimentellen Eingriff muß die Haut immer ein und dieselbe Farbe annehmen: das schwarze Thier muß, wenn sich die Farbe am Thiere bei dem entsprechenden Versuche erhält, hell werden und umgekehrt. Eine große Menge von Mischfarben vermitteln, wie es nach *Brücke*'s Arbeit nicht mehr wunderbar sein kann, die beiden Extreme in der Färbung. Der Innervation der einzelnen Theile und Verhältnissen, individuellen Schwankungen kaum entzogen, wird es hauptsächlich zuzuschreiben sein, daß wir am Chamäleon eine Fülle von Farbennuancen auftreten sehen, deren Hauptrepräsentanten *van der Hœven* so sinnig auszuwählen, wie naturgetreu wiederzugeben verstand, und *Brücke* physikalisch uns erklärte. Auch durch diese wechselvollen Bilder werden wir uns nicht beirren lassen dürfen.

Am sichersten entgehen wir den großen Schwierigkeiten, welche sich uns bei der Erforschung der Mechanik des Chamäleonenfarbspieles darbieten, wenn wir nur darauf achten, ob an dem Versuchsthiere ein Umschlag der Farbe in's Helle oder

Dunkele eintritt, ob, wie wir seit *Brücke*'s Arbeit sagen können, das schwarze Pigment der Cutis in die Tiefe rückt oder sich an der Oberfläche ausbreitet. Wie wir das Verschwinden und Erscheinen des braunen Farbstoffträgers bei Eledone moschata als sichern Indicator bei der Erforschung der Vorgänge, welche unsichtbar an den inneren Theilen verlaufen, benutzten, so muß uns auch das Abblassen und die Schwärzung der Haut bei den Chamäleonen allein die gewünschte „Auskunft über den Zustand ihres Centralnervensystems" geben können. Bevor ich aber zur Darstellung und Interpretation derjenigen Versuche, welche uns eine annähernd richtige, wennschon keine erschöpfende Anschauung von dem Farbenapparate bei den Chamäleonen zu geben vermögen, übergehe, sei es mir erlaubt, noch kurz meine Ansicht über den Werth der Untersuchungen zu äußern, welche von früheren Experimentatoren über den Lichteinfluß auf die Chamäleonenhaut in der Weise ausgeführt wurden, daß man an Einem Thiere einzelne Körpertheile belichtete, andere dagegen dunkel hielt. Man glaubte anscheinend mit vollem Rechte, so eine Methode in Anwendung gebracht zu haben, welche durch den Vortheil des Vergleiches nichts zu wünschen übrig ließ. Nach meinen in dieser Richtung unternommenen Versuchen, bei welchen ich leinene Binden verschiedenen Theilen (Hals, Bauch- und Schenkelgegend) des belichteten Thieres anlegte, hege ich keinen Zweifel, daß es so gelingt, an den bedeckten Hautstellen denselben Effect zu erzielen, welchen man an Dunkelthieren beobachtet. Nachdem uns aber jüngst die so bedeutungsvollen Ergebnisse der Arbeiten von *Burq*, *Charcot*, *Westphal*, *Rumpf*, *Schiff* u. A., welche *Rumpf*[1]) so glücklich zu ordnen und so an-

[1]) *Rumpf, Th.*, Ueber den Transfert. Aus der Berliner klinischen Wochenschrift. 1879. No. 36.

Rumpf, Th., Ueber Metalloscopie, Metallotherapie u. Transfert. A. d. Memorabilien, Monatshefte f. rationelle practische Aerzte. 1879. Heft 9.

ziehend zu schildern vermochte, gelehrt haben, welche merkwürdigen Wirkungen sich durch das bloße Auflegen verschiedener Körper auf Hautflächen am lebendigen Organismus hervorbringen lassen, werden wir auch in diesen Fällen das Resultat eines vielleicht sehr complicirten Vorganges vor uns haben, welches das Verständniß des Farbenspieles schwerlich zu fördern geeignet ist — jedenfalls nicht mit dem Ergebnisse der erörterten ersten Versuchsreihe ohne Weiteres verglichen werden kann.

Wer sich mit der Beobachtung des lebenden Thieres begnügen und herausfinden würde, daß es durch Vorgänge, welche

---

Ich nehme Veranlassung, auf andere Erscheinungen, welche gleichfalls der Ausdruck des Bestehens von „bilateral symmetrischen Functionen" sind, hier hinzuweisen. So auf das meist an genau symmetrischen Stellen (Temporalgegend) beginnende Ergrauen des Haupthaares (vgl. *L. Landois*, Das plötzliche Ergrauen der Haupthaare. *Virchow*'s Archiv. Bd. 35. 1866. S. 575—599), auf die große Symmetrie, welche die bei vielen Fischen (Cyprinus brama, C. nasus, Leuciscus rutilus, L. roseus, L. prasinus, L. rubella, Coregonus etc.) temporär erscheinenden Verdickungen der Haut in ihrer Ausbildung verfolgen (vgl. *Baudelot*, Observations d'un phénomène comparable à la mue chez les poissons. Ann. d. scienc. nat. Zoologie. Sér. V. T. VII. 1867. p. 339—344), auf die bei Temperaturwechsel an der Einen Extremität, an der entsprechenden Extremität der andern Körperseite auftretenden correspondirenden Temperaturveränderungen (vgl. *F. Goltz*, Das Herz. Tagebl. d. Naturforscherversammlung zu Baden-Baden. 1879. S. 135), auf die Secretion des Schweißes (vgl. *A. Adamkiewicz*, Die Secretion des Schweißes. Eine bilateral symmetrische Nervenfunction. Berlin 1878 und Arch. f. Anat. u. Physiologie. 1880. Physiol. Abth. Heft 1 u. 2, S. 159—162) und auf die compensirende Hypertrophie der paarigen Organe (Nieren, Hoden, Ovarien, Lungenflügel) bei Menschen und bei Thieren. Auch die Reihenfolge beim Ausfallen und Entstehen der Federn wird bei den meisten Vogelarten durch das Gesetz der bilateralen Symmetrie bedingt (vgl. *H. Schlegel*, Naumannia, II. Bd., 2. Heft. 1852. S. 21. *E. v. Homeyer*, ibid. 1853. S. 66. *L. Martin*, Journ. f. Ornithologie von *Cabanis*. Bd. I. 1853. S. 210). Aus dieser Aufzählung dürfte zugleich hervorgehen, daß die bilaterale Function keineswegs, wie *Adamkiewicz* glaubt (Arch. f. Anat. u. Physiol., a. a. O., S. 159), bis zu seiner Arbeit über die Secretion des Schweißes in der Physiologie unbekannt gewesen ist.

sich in seinem Centralorgane abspielen, dunkel, daß es im Schlafe hell wird, der müßte nothwendig zu der Auffassung gelangen, daß die helle Färbung der Haut einen Ruhezustand, die Schwarzfärbung dagegen einen Reizzustand anzeige. Diese Auffassung konnte nur ein experimenteller Eingriff als unrichtig erweisen, und *Brücke* gebührt das Verdienst, diesen Beweis für Chamäleon geliefert zu haben.

Um einen Reizzustand der Muskeln zu schaffen, bediente sich *Brücke* des Strychnins. Die Strychninwirkung am Chamäleon beschreibt er uns, wie folgt: „Als die Erscheinungen erhöhter Reflexerregbarkeit bei dem mit salpetersaurem Strychnin vergifteten Thiere eingetreten, war es zwar heller als es sonst zu sein pflegte, aber die Zeichnung setzte sich noch sehr deutlich dunkel von dem Grunde ab; als indessen die Krämpfe eintraten, die bald in eine continuirliche Starrheit übergingen, schwand die Zeichnung immer mehr und mehr und nur die Stippchen erhielten sich noch, aber selbst als das Thier schon unfähig sich willkürlich zu bewegen, mit gestreckten Gliedern auf die Seite gefallen war, ließ sich der Einfluß des Lichtes noch deutlich wahrnehmen, indem die nach unten gewendete Seite jedesmal die hellere, die nach oben gewendete die dunklere wurde; doch bald schwanden mit den Stippchen die letzten Reste der dunklen Zeichnung und mit ihnen auch jede Spur von Reizbarkeit für das Licht. Das blaßgelb und weißlich gefärbte Thier lag noch eine Weile in völliger Starrheit da, bis endlich das Erschlaffen der Glieder seinen Tod verkündete, und nun erst traten nach und nach zuerst am Kopfe und Halse, dann am Körper wieder dunkle Flecken auf.“

Obgleich das Vergiftungsbild sich nicht bei allen Chamäleonen ganz genau in dem Tempo ausbreitet, welches uns *Brücke* beschreibt, wennschon nicht alle Individuen am ganzen Körper den äußersten Grad der Hellfärbung annehmen, einzelne Körpertheile (besonders Rückenkante und Schwanz) bisweilen ausneh-

mend stark dunkel gefärbt, ja fast schwarz bleiben, so wird sich doch jeder Beobachter leicht davon überzeugen, daß eine beim Eintritt des Tetanus sich ausbildende Gelbfärbung die bei weitem häufigste und ausgesprochenste Erscheinung darstellt, welche der Strychninvergiftung am Chamäleon folgt, und daß sie in den Ausnahmefällen nur durch eine antagonistische Wirkung, auf die wir später zu sprechen kommen werden, gleichsam maskirt wird. Ich habe, weil ich anfangs in der Strychninvergiftung einen Cardinalversuch erblickte, nicht weniger als achtzehn Chamäleonen strychnisirt und glaube so meinen Erfahrungen den wahrheitsgetreuesten Ausdruck gegeben zu haben. Von einer Beeinflussung der Färbung durch das Licht habe ich, trotzdem ich sorgfältig darauf achtete, bei diesen Strychninvergiftungen nichts wahrgenommen. *v. Wittich* hatte beim Frosch gefunden — und dieser Versuch beweist dafür, daß der Reizzustand des Centralorganes von einem Hellerwerden der Haut begleitet ist, unzweifelhaft mehr als die Symptome der Strychninvergiftung —, daß nach electrischer Reizung der Medulla spinalis am decapitirten Thiere sich die ganze Haut des Rumpfes unter heftigen tetanischen Erscheinungen entfärbte und daß nach Zerstörung des Rückenmarkes die Haut wieder ihre dunkler grüne Farbe erhielt. Setzte ich die Electroden auf das Rückgrat des lebenden Chamäleon, so trat, wenn ich einen electrischen Strom von mäßiger Stärke durch das Thier schickte, unter tetanischen Erscheinungen eine Gelbfärbung der Haut in den hinterliegenden Bezirken auf, der nach Entfernung der Electroden rasch eine Schwarzfärbung folgte. Bei meinen Versuchen kam eine Reizwirkung, welche vom Halstheile des Rückenmarks ausging, an der Haut des decapitirten Thieres nicht hinreichend scharf zum Ausdruck. Zerstörte umgekehrt *Brücke* mittelst einer Sonde den Hals- und Brusttheil des Rückenmarks, so wurden die Partien, welche ihre Nerven aus diesen Regionen beziehen, sofort schwarz, und nur einzelne

Tuberkeln blieben wie helle Pünktchen licht auf ihnen stehen. Von meinen Beobachtungen verdient wohl hervorgehoben zu werden, daß die durch Zerstörung des Rückenmarks erzeugte Schwarzfärbung ebenso unbeständig ist wie der am strychnisirten Thiere auftretende helle Farbenton. Die Farbe des durch Strychnin vergifteten Chamäleon schlägt oft noch, während einige Muskelgruppen zucken, in eine dunklere Tinte um. Die Ursache dieser Unbeständigkeit des gelben Colorits wird centralen Ursprungs sein, während die Veränderung, welche an den des Rückenmarks beraubten Theilen meist zwar erst nach mehreren Stunden eintritt, nothwendig durch postmortale Vorgänge in den peripheren Organen bedingt ist[1]).

---

[1]) Die meisten und verschiedenartigsten Durchschneidungs- und Reizversuche am Chamäleon scheint *P. Bert* gemacht zu haben. Er gibt darüber Folgendes an:

1. Die Durchschneidung eines gemischten Nerven führt zu einer Schwarzfärbung auf der davon innervirten Hautstelle; auf Reizung desselben nimmt sie zuerst einen grünen, dann einen gelben Farbenton an. Denselben Effect erhielt *Brücke* an abgetrennten Hautstücken nach electrischen Reizen.

2. Die Durchschneidung resp. Reizung des Rückenmarks hat dasselbe Resultat an dem hintern Körperabschnitte zur Folge; bei seiner Durchschneidung in der Cervicalregion wird der Kopf und der vordere Körpertheil, deren coloratorische Nerven zwischen dem dritten und sechsten Dorsalwirbel entspringen und dem großen Halssympathicus folgen, schwarz.

3. Nach Durchschneidung der medulla oblongata erfolgt auf Reizung eines gemischten Nerven Hellfärbung der Haut, besonders an der correspondirenden Seite.

4. Die halbe Durchschneidung des Rückenmarks bewirkt eine Schwarzfärbung auf der correspondirenden Seite.

5. Nach Entfernung der beiden Hirnhemisphären verliert das Thier das Vermögen, seine Farbe willkürlich zu verändern; aber diese wechselt sogleich wieder, wenn man Reize anwendet. Dasselbe tritt ein nach Wegnahme der bulbi optici, des Kleinhirns, der commissura cerebri.

6. Nach Durchschneidung der medulla oblongata unterhalb des vierten Ventrikels wird der ganze Körper schwarz und wechselt die Farbe nicht mehr.

7. Nach Abtragung einer Hirnhemisphäre (und der damit nothwendig verbundenen des Auges auf der entgegengesetzten Seite) wechselt an der

Wir wissen demnach, daß beim Tetanus, nach electrischer Reizung des Rückgrates die Chamäleonen hell, nach Entfernung des Rückenmarks dagegen schwarz werden, und trotzdem erscheinen sie im Schlafe nicht weniger, vielleicht sogar noch vollständiger abgeblaßt, als wenn ein electrischer Strom von verhältnißmäßig bedeutender Stärke die Elemente ihres Centralorganes erregt oder das Strychnin die Muskeln in einen Tetanus versetzt, — bei Thätigkeitsäußerungen also, welche das Thier aus eigenen Antrieben kaum zu leisten vermag.

Es scheint auf den ersten Augenblick, als ob wir hier zwei in ihren Folgen zwar durchaus übereinstimmende, aber ihrem Wesen nach grundverschiedene Vorgänge vor uns haben, welche streng auseinander zu halten sind. Während die Eledone auf jeden Reiz, welcher das Centralorgan, die Nervenstämme, die

---

correspondirenden Körperhälfte die Farbe nicht mehr so schnell als an der entgegengesetzten. Außerdem bleibt das Chamäleon immer dunkler gefärbt, aber die Entfernung des anderen Auges stellt das Ebenmaß wieder her.

8. Nach Abtragung Eines Auges bleibt das Thier auf der correspondirenden Körperseite viel heller als auf der, deren zugehöriges Auge erhalten blieb. Die Entfernung des andern Auges stellt das Gleichgewicht nicht wieder her.

Es ist sehr zu bedauern, daß *Bert* über die Ausführung seiner Versuche und über ihre Resultate uns nicht ausführlicher berichtet; denn jeder, der, wie ich, einige derselben öfters wiederholt, wird sicherlich gleich mir zu dem Schlusse gelangen, daß die Versuchsergebnisse in den einzelnen Fällen oft sehr verschieden ausfallen, ja sich ganz zu widersprechen scheinen und nicht so einfach zu deuten sind, wie man es anfangs nach *Bert's* ansprechenden kurzen Sätzen erwartete. Ich muß gestehen, daß die Ergebnisse der Durchschneidungs- und Reizversuche ganz außerordentlich variiren — theils, wie ich glaube, deshalb, weil für das Zustandekommen des Farbenwechsels wesentliche Gewebe sehr früh absterben, theils weil durch diese großartigen Eingriffe sehr verschiedene, mehr oder weniger sich entgegenwirkende Impulse auf die Chromatophoren übertragen werden —, und daß nur die oben referirten Resultate gegenwärtig eine Berücksichtigung verdienen.

Halbe Durchschneidungen centralnervöser Theile sind von mir jedoch nicht ausgeführt, ihr Erfolg wenigstens nicht abgewartet.

peripherisch gelegenen Ganglien oder die Pigmentkörper traf, kurz auf jede Erregung, welche irgend ein, gleichgültig welcher Theil des Farbenapparates erfuhr, durch eine Braunfärbung, durch die Expansion der Chromatophoren antwortete, so tritt — als ein davon ganz abweichendes Verhalten — an den Chamäleonen eine Verschiedenheit im Effecte auf, je nachdem die Reize von dem Willenscentrum aus die motorischen Ganglien erregen, oder diese von den Reizen direct beeinflußt werden.

II. Das Hemmungscentrum im Gehirn.

Brücke, welcher dem Lichte für den Farbenwechsel der Chamäleonen eine Bedeutung zuerkennt, welche ich ihm nicht zugestehen kann, hat die Möglichkeiten erwogen, welche die Thatsache, daß die Chamäleonen im Dunkeln — oder, wie ich es für richtiger halte zu sagen, im Schlafe — hell gefärbt sind, erklärlich machen. Er scheint sich der Annahme zuzuwenden, „daß das Chamäleon eines gewissen Grades der Helligkeit bedarf, damit seine sensibelen Hautnerven das Minimum der Erregung zum Rückenmark bringen und daß, wenn dieser nicht erreicht wird, mit der höheren Erregung des Rückenmarks auch eine höhere Erregung der motorischen Hautnerven eintritt". So würde es verständlich werden, daß auch die Finsterniß auf das Thier als Reiz wirkt. Durch *Brücke*'s gediegene Auseinandersetzung wird zwar auch der noch neuerdings vorgebrachte Einwand: daß ein Mangel an Licht nie als Reiz aufgefaßt werden könne, beseitigt, aber das Ergebniß eines Versuches nicht erklärt, den ich oft zu machen Gelegenheit nahm.

Man weiß, daß die Stoffe der pharmakologischen Alkoholgruppe bei Wirbelthieren — die verschiedensten Wirbellosen verhalten sich dagegen, wie ich gezeigt habe[1]), ganz anders — vor-

[1]) *Krukenberg*, Vergl. physiol. Studien etc. I. Abth. S. 82 ff.

wiegend das Centralnervensystem lähmen, ohne vorher dasselbe in einen Erregungszustand zu versetzen; am Chloroform und Aether ließ sich allein auch bei Wirbelthieren eine Wirkung auf periphere Theile beobachten. Zu meinen ersten Versuchen über die Wirkung der Anästhetika an den Chamäleonen diente mir das Chloroform; bei der Chloroformvergiftung gibt sich aber am Chamäleon nur eine intensive Schwarzfärbung zu erkennen, welche ihren Sitz in peripheren Theilen hat, worauf im Folgenden näher einzugehen sein wird. In der Aethernarkose dagegen färbte sich die Chamäleonenhaut — fünfmal wiederholte ich den Versuch — regelmäßig gelb, sodaß die Haut dieser Thiere von der schlafender Chamäleonen nicht zu unterscheiden war. Dieser äußerste Grad des Abblassens erfolgte nicht weniger bestimmt, wenn die Thiere sich im Sonnenlichte befanden, als wenn sie im Dunkeln anästhesirt wurden.. Es lassen sich genügende Beweise für die Auffassung beibringen, daß wir durch den Aether an den Chamäleonen denselben Zustand hervorrufen, welcher sich an ihnen im Schlafe normal einstellt[1]).

Decapitirte ich die durch Aether weiß erhaltenen Thiere. so blieben sie lange weiß; wurden sie dagegen, wenn sich die Aetherwirkung hinreichend bemerkbar machte, an die Luft gebracht, so schlug bald ihr lichtes Colorit in ein dunkles um; reizte ich an den ätherisirten Thieren die Augenstiele electrisch, so trat, wenn die Anästhesie fortbestand, keine Schwarzfärbung

[1]) *Bert* scheint bereits Chamäleonen durch Aether anästhesirt zu haben. Wenigstens sagt er: „Im Schlafe, in der Anästhesie und nach dem Tode ist der ganze Körper gelblichweiß".

Auch diese seiner Angaben ist wieder sehr unvollständig. Das durch Aether betäubte Thier ist allerdings hellfarbig, das durch Chloroform, durch das Anästheticum par excellence, vergiftete aber regelmäßig schwarz. Ist das Chamäleon in der Anästhesie nun gelb oder schwarz? Von *Bert* erfahren wir darüber Nichts.

am Thiere auf; der Zerstörung des Rückenmarks folgte aber schnell ein Dunkelwerden.

Setzen wir, wogegen nichts einzuwenden sein wird, — zumal wenn ich dem Folgenden vorgreifend bemerke, daß wir auch nach Curareinjection sich die Haut an den in einer Aetheratmosphäre gehaltenen Thieren sehr bald schwärzen sehen — als richtig voraus, daß der Aether Stücke des Centralnervensystems lähmt, so haben wir ein bindendes Versuchsergebniß gewonnen, welches manche bis dahin undeutbar gebliebene Thatsache endgültig erklärt; denn nur Eine Deutung dieser äußerlich sich so widersprechend erweisenden Befunde — daß sowohl eine Lähmung wie eine Reizung centralnervöser Theile eine Gelbfärbung bewirkt — wird sich versuchen lassen.

In den vorderen Bezirken des Gehirns muß unabweisbar ein Apparat existiren, der, in Thätigkeit versetzt, die durch centralen Ganglieneinfluß constant unterhaltene Erregung der peripheren Theile, welche das Empordringen des schwarzen Pigmentes an die Cutisoberfläche verhindern, aufzuheben, zu hemmen im Stande ist. Dieser Hemmungsapparat kann spontan erregt werden; wir sehen ihn in Thätigkeit, wenn das Thier während des Lebens ein dunkles Colorit annimmt; er befindet sich dagegen außer Function, wenn die Willensimpulse des Thieres beim Eintritt des Schlafes oder in der Anästhesie erlöschen. In der Existenz dieses Hemmungsmechanismus wird es auch begründet sein, daß bei der Strychninvergiftung nicht regelmäßig der äußerste Grad der Blässe an der Haut der Chamäleonen auftritt, den wir während des Schlafes an ihnen zu sehen gewohnt sind. Wenn der Organismus so gewaltigen Störungen, wie sie bei der Strychninvergiftung gegeben sind, ausgesetzt wird, kann auch kaum das Centrum in Ruhe verharren, von dem aus Willensimpulse den beständigen Erregungszustand der motorischen Ganglien inhibiren. Daneben muß zwar auch darauf hingewiesen werden, daß die energischen

Contractionen, in welche die Skeletmuskulatur durch das Strychnin versetzt wird, leicht die Arbeit der voraussichtlich sehr zarten contractilen Elemente, welche den Farbenwechsel besorgen, stören könnten, und die Strychninwirkung somit für unseren Zweck bedeutungslos sein würde.

Vielleicht scheint es kein zu gewagter Schluß, wenn man jetzt, wo wir die Wirkung des Aethers und die des Strychnins am Chamäleon mit denen, welche diese Substanzen an den höheren Wirbelthieren und am Frosch hervorrufen, in Einklang bringen konnten, auch dem Morphin, welches auf diese Thiere eine combinirte Alkohol- und Strychninwirkung äußert, einen analogen Einfluß auf die Chamäleonen zugesteht. Es versprach darnach das Morphin ein Stoff zu sein, der unter allen Umständen an den Chamäleonen die intensivste Blässe hervorbringt.

Nach dieser Ueberlegung ging ich zu den Morphinvergiftungen über, welche ich an drei Thieren ausführte. Die Ergebnisse entsprachen nicht meinen Erwartungen und sind kurz folgende:

In der Morphinnarkose wurden die Chamäleonen entschieden heller als sie zu Anfang des Versuches waren; der Effect war jedoch nicht in allen Fällen gleich deutlich. Injicirte ich jetzt in Unterbrechungen eine sehr reichliche Menge von salpetersaurem Strychnin, so verstärkte sich die Blässe nicht, das Thier wurde vielmehr bald darauf wieder dunkeler. Dieses Dunkel hatte sich an dem Cadaver bis zum folgenden Tage sehr merklich, wenngleich nicht völlig gelichtet; einige Körpertheile blieben immer tiefschwarz; an den, gleich nach eingetretenem Tode abgetrennten Hautstücken zeigte sich aber noch am dritten Tage das Schwarz an der Oberfläche erhalten. Dieser nach der Morphinvergiftung eintretende dreimalige Farbenwechsel dürfte uns ein anschauliches Bild von der verwickelten Mechanik liefern, welche sich in der Gewebsverbindung von den Hirnhemisphären bis zu den Chromatophoren hin abspielt, und welche uns nur in den Veränderungen

der Hautfarbe zur Wahrnehmung gelangt. Unterliegt es schon keinem Zweifel, daß bei der Morphin- ähnlich wie bei der Chloroformwirkung die Veränderungen, welche vom ersten Erscheinen des schwarzen Pigmentes an der Oberfläche der Chamäleonenhaut bis zum schließlichen Erbleichen des Thieres auftreten, an peripherischen Theilen ablaufen, so hält es doch außerordentlich schwer, diese experimentell weiter zu verfolgen. Diese Veränderungen, welche periphere Theile ergreifen, betreffen — wie sich noch ziemlich sicher feststellen läßt — vorzugsweise contractile Elemente; denn die von dem durch Morphiuminjection getödteten Chamäleon abgetrennten Hautstücke blieben, obgleich sie vor Austrocknung gut geschützt waren, schwarz, und während electrische Reize die durch einen nervösen Einfluß bewirkte Schwarzfärbung der Haut rasch beseitigten, ließ sich dagegen das schwarze Pigment nach vorausgegangener Morphiuminjection entweder nur unvollständig oder garnicht mehr durch dieses Mittel in die Tiefe zurücktreiben.

Daß die theoretisch geforderte gleichmäßige Blässe nicht immer bei der Strychninvergiftung an den Chamäleonen auftritt, ist nicht wie bei der Morphiumwirkung auf Veränderungen an peripheren Theilen zu beziehen; denn es gelingt die durch Strychnin veranlaßte Blässe, welche in der Regel sehr prägnant hervortritt und bisweilen so intensiv wie bei den Nachtthieren ist, noch unter völligem Intactbleiben der contractilen Gebilde der Chromatophoren in das tiefste Schwarz zu verwandeln. Diese Umfärbung bewirkt, wie ich dem Folgenden vorgreifend schon hier bemerken will, das Curare. Es erhellt daraus das verschiedene Verhalten der Mechanik des Farbenwechsels beim Chamäleon von der des Chromatophorenspieles bei Eledone moschata[1]).

---

[1]) Für Eledone ergab sich bekanntlich, daß das Strychnin peripher gelegene Ganglien lähmt.

Eine ähnliche Wirkung, wie sie der Aether auf die Chamäleonen ausübte, scheint auch dem Kampher zuzukommen. In einer Kampheratmosphäre färbten sich die Chamäleonen bald sehr hell und blieben es, so lange sie in ihr verweilten. Es stellte sich an den Thieren gleichzeitig ein Muskelzittern ein, von welchem sie sich aber in reiner Luft sehr bald erholten, und in der sie sich dunkel färbten.

Der Eintritt aller besprochenen Verfärbungen, welche der Vergiftung folgten, sowohl der vitalen wie der postmortalen, geschieht an den belichteten und dunkel gehaltenen Thieren resp. ihren Körperseiten stets gleichsinnig, und ich erkenne darin den triftigsten Beweisgrund dafür, daß der Einfluß des Lichtes dem gegenüber, welcher von den nervösen Theilen ausgeht, ohne jeden Belang ist.

III. Die Abwesenheit peripherer Ganglien.

„Bei den Cephalopoden überdauert das Chromatophorenspiel oft viele Stunden den Tod des Thieres, an den ihnen entnommenen, in Meerwasser aufbewahrten Hautstücken bemerkt man das Erscheinen und Verschwinden der Färbung selbst ohne wahrnehmbare stärkere Reize, und ein momentanes Dunkelwerden tritt an diesen auch weit außerhalb der direct gereizten Hautstelle auf, wenn ein electrischer Strom hindurchgesendet, ein chemischer oder mechanischer Reiz ihr applicirt wird.“ Von alledem ist an der abgetrennten Chamäleonenhaut nichts zu bemerken. Hautstücke, die in der Aetheranästhese, in der Kampheratmosphäre oder im Strychnintetanus hell geworden waren, vermochte ich nicht in derselben einfachen Weise wie bei Eledone umzufärben, obgleich ich viele Stoffe (Chloroform, Kampher, Nicotin, Coniin, Curare, Physostigmin, Muscarin, Helleboreïn, Digitalin, Strychnin, Pikrotoxin und Atropin) auf eine Wirkung in dieser Richtung prüfte. In Bestätigung der Angabe *Brücke*'s kann ich hinzufügen, daß es mir

ebenfalls nicht gelingen wollte, durch Druck und Dehnung in der abgezogenen, wegen der Nervendurchschneidung schwarz gewordenen Haut das dunkele Pigment an die Oberfläche und wiederum in die Tiefe zu befördern; auch nur selten gelingt es am frisch abgenommenen Beine die Hautfarbe durch electrische Reizung des Hüftnerven aufzuhellen. Im Lichte wie in der Finsterniß veränderten die abgelösten Hautstücke ihre helle Färbung, welche sich regelmäßig nach einigen Stunden an ihnen ausbildete, nicht mehr.

v. Wittich glaubt, Anhaltspunkte für die Annahme peripherischer Ganglien in der Froschhaut gefunden zu haben; meine Untersuchungen lassen mir ihr Vorkommen in der Chamäleonenhaut im Dienste des Farbenwechsels mindestens höchst fraglich erscheinen. Weder die gebräuchlichen physiologischen noch die speciell toxicologischen Proben auf ihre Gegenwart wollten hier gelingen. Falls sie dennoch in rudimentärster Form sich finden sollten, kann ihre Bedeutung, verglichen mit derjenigen, welche sie beim Chromatophorenspiele der Eledone einnehmen, für den Farbenwechsel beim Chamäleon nur eine sehr untergeordnete sein.

IV. Die Lähmung peripherer Theile durch Curare.

Im Curare lernte ich ein Mittel kennen, durch das es stets gelingt, dem strychnisirten Thiere in wenigen Minuten ein tiefschwarzes Colorit zu verleihen. Nach Injection von 0.9—1.5 gr. einer 1-procentigen Curarelösung, welche subcutan oder in die Bauchhöhle erfolgte, waren in den vier von mir angestellten Versuchen die zuvor im Strychnintetanus völlig gelb gewordenen Thiere in 2—3 Minuten schwarz geworden; nur in Einem Falle bedurfte es dazu annähernd 4 Minuten. Ebenso eclatant gelangen die Versuche an den durch Aether anästhesirten Thieren.

An dieser Stelle sei der Erfolge einiger Vergiftungen mit anderen Alkaloiden gedacht, bei welchen sich wie bei der Strych-

zwungen, die Curarewirkung an die Peripherie zu verlegen und suche sie in den Nervenendigungen.

Es ist eine der auffallendsten Erscheinungen, daß die den durch Curare vergifteten Chamäleonen entnommenen Hautstücke — nur bisweilen behalten an ihnen die Schnittränder die Färbung, welche sie zeigten, als die Abtrennung vorgenommen wurde, bei — ebenso später ihre Farbe ändern wie das ganze Thier, während ein Einfluß dieses Giftes auf separirte Hautstücke absolut nicht zu erzielen gewesen ist. Durch keinen operativen Eingriff, den ich anwandte (Durchschneidung des Rückenmarks in verschiedenen Höhen, electrische Reizung oder Zerstörung desselben u. s. w.), konnte ich das durch Strychnin, Nicotin, Pikrotoxin, Coffeïn oder Curare hervorgebrachte Colorit schneller umstimmen, als es am todten Thiere von selbst verschwand. Dieses ist um so seltsamer, als die Farbe am lebenden Chamäleon oft ziemlich rasch — ich glaube, man darf fast momentan sagen — wechseln kann. Es scheint demnach, als ob kurz darauf, wenn der Säftezufluß stockt, die durch Nerveneinfluß übertragenen Reize unverhältnißmäßig länger andauern, als wenn die Säftecirculation in normaler Weise von Statten geht. In der geringen Reaction der abgetrennten Körperstücke dieses Thieres glaube ich ebenfalls allein den Grund suchen zu dürfen, wenn Giftwirkungen an ihnen gar nicht oder jedenfalls sehr schwer und unsicher gelingen. Wo — wie vielleicht durchgängig im Typus der Mollusken — die peripher gelagerten Theile mit Ganglienzellen ausgerüstet sind, da scheinen sich ganz allgemein an ihnen die Lebensfunctionen ungleich besser zu erhalten.

V. Die muthmassliche Beschaffenheit der contractilen Elemente.

Nur Ein Mittel wurde gefunden, die durch Curare verursachte Schwarzfärbung ohne Zerstörung oder Extraction des Pig-

mentes in der Chamäleonenhaut local zu beseitigen, nur Ein Mittel kenne ich, durch das es gelingt, auch den frisch abgetrennten schwarzen Hautlappen local gelb zu färben, — nur der electrische Strom scheint die Kraft zu besitzen, die oberflächlichst gelegenen Theile des Farbenapparates beim Chamäleon direct zu irritiren.

Brücke war der Erste, der die Chamäleonenhaut electrisch reizte und die Beobachtung machte, daß sie sich dabei gelb färbt, daß durch eine, dem electrischen Reize folgende Zusammenziehung der contractilen Gebilde das schwarze Pigment in die Tiefe der Cutis gerückt wird. Nichts ist leichter als sich von der Richtigkeit dieser Angaben zu überzeugen; sie haben im Laufe der Zeit auch keinen Widerspruch erfahren. Einen ähnlichen Zustand, bedingt durch eine Art von Todtenstarre der contractilen Elemente, sehen wir auch nach dem Tode des Thieres zu Stande kommen. Zuweilen tritt diese Starre zwar erst 24 Stunden nach dem Tode ein; für die Ansicht aber, nach der sie ganz ausbleiben könnte, ohne daß die contractilen Gewebe vorher selbst tiefgreifend verändert sind, haben sich mir keine Anhaltspunkte geboten. Ich neige mich deshalb weniger der Ansicht *Brücke*'s als der des *Aristoteles* zu, welcher meinte, daß die todten Chamäleonen blaßgelb gefärbt sind. Wo zwar, wie in diesem Falle, der Farbenwandel durch eine Gerinselbildung hervorgebracht wird, werden wir nicht erstaunen, wenn die Leichenblässe nicht bei allen Individuen mit gleicher Intensität auftritt; denn der Forschung schwer oder garnicht zugängige feine individuelle Verschiedenheiten können den Modus und den Beginn der Starre sicherlich sehr beeinflussen.

Einen Körper, durch den es mir gelungen wäre, die contractilen Elemente am Farbenapparate des Chamäleons im Contractionszustande zu fixiren — ähnlich wie es mir an den Radiärfasern der Eledonechromatophoren durch Chloroform gelang — habe ich nicht aufgefunden; im Chloroform lernte ich aber

durch musculöse Elemente *m*, welche ähnlich wie die willkürlichen Muskeln der Vertebraten innervirt zu sein scheinen. Sie befinden sich für gewöhnlich in Contraction; dieser Tonus wird durch Ganglien *s*, von vielleicht automatischer Natur, unterhalten, die im Gehirn-Rückenmarke, nicht, wie es bei Eledone der Fall ist, in nächster Nähe der contractilen Elemente ihren Sitz haben. Auf die peripheren, in die Muskeln eingebetteten Enden (*n*) der coloratorischen Nerven wird das Curare wirken. Die Reizung dieser Nerven veranlaßt eine Contraction der zugehörigen Chromatophorensphincteren und in Folge dessen eine Hellfärbung der Haut. Die Thätigkeit der automatischen Ganglien (*s*) wird durch Erregungen, welche vom Willenscentrum (*c*) ausgehen, aufgehoben; bei dessen Erregung erlöscht der Sphinctertonus, und die Haut färbt sich schwarz. In gleicher Weise, wie wir genöthigt sind, ein Hemmungscentrum im Gehirne anzunehmen, ist die Annahme eines solchen im Rückenmarke geboten. Wie *Brücke* fand, wirkt das Licht nur bei erhaltenem Rückenmarke direct auf die Chromatophoren ein und zwar alsdann genau in der Art, wie die vom Willenscentrum ausgehenden Impulse. Dieser Thatsache ist rechts im Schema Ausdruck gegeben, wo *r* das im Rückenmarke gelegene Hemmungscentrum darstellt, erregt durch die, von sensibeln Hautnerven zugeleiteten Reize.

Es gelang uns nun

1. das Willenscentrum zu erregen z. B. auf electrischem Wege,
   " " zu lähmen durch Aether;
2. die automatischen Centren zu lähmen vielleicht durch Atropin etc.;
3. peripher-nervöse Theile zu lähmen durch Curare;
4. die contractilen Gebilde in den Zustand dauernder Erschlaffung zu versetzen durch Chloroform und Morphin.

Wesentlich verschieden von der vorgetragenen ist die Vorstellung, welche sich *P. Bert* von der Mechanik des Farben-

wechsels beim Chamäleon macht. *Bert* formulirte auf Grund seiner besprochenen Versuchsergebnisse folgende Sätze:

1. Die Bewegungen der Pigmentkörper stehen unter dem Einflusse von zwei verschiedenen Nervenarten. Bei Reizung der Einen treten sie aus der Tiefe an die Oberfläche, bei Reizung der Anderen ziehen sie sich von der Oberfläche in die Tiefe zurück. Beim Maximum der Reizung rücken die Pigmentkörper unter die Haut, und es tritt alsdann derselbe Zustand wie bei vollständiger Ruhe (Schlaf, Anästhesie, Tod) ein.

2. Die coloratorischen Nerven bieten die größte Analogie mit den Vasoconstrictoren. Wie diese folgen sie den gemischten Nerven für die Gliedmaßen und dem großen Halssympathicus, wie diese kreuzen sie sich nicht im Rückenmark, wie diese entspringen die zum Kopfe tretenden am Anfang der Dorsalregion, wie diese haben sie ein sehr kräftiges Centrum im verlängerten Mark, ein anderes, aber viel weniger mächtiges im ganzen Rückenmark. Wie diese sind sie gefeit dem Curare gegenüber und werden durch Physostigmin vergiftet.

Brücke stieß auf große Schwierigkeiten, als er uns erklären wollte, warum die Haut der dunkel gehaltenen (schlafenden) Chamäleonen ebenso hellfarbig wie bei electrischer Reizung wird. *Bert* bleibt uns die Erklärung ganz schuldig, warum im Zustande der größten Erregung der coloratorischen Nerven die Chamäleonen ebenso bleich sind wie im Schlafe, in der Anästhesie und nach dem Tode. Ohne auf die centrale Hemmungsvorrichtung zu recurriren, wird man schwerlich eine plausible Erklärung dieser so widersinnig erscheinenden Thatsachen zu geben vermögen. Aber nicht nur an diesem Punkte scheitert die *Bert*'sche Theorie.

Keineswegs ist, wie wir sahen, das Curare ohne Einfluß, ohne einen ganz bestimmten Einfluß auf die Hautfarbe der Chamäleonen; es alterirt sogar peripher-nervöse Theile, denn die

contractilen Elemente bleiben bei der Curarewirkung vorerst so gut wie intact: bei electrischer Reizung färbt sich die Haut wieder hell. Was man ferner von der Vergiftung der coloratorischen Nerven durch Eserin zu halten hat, mag die Beschreibung eines meiner Versuche lehren.

Die Vergiftung mit schwefelsaurem Physostigmin geschah durch Injection. Das Chamäleon befand sich in einem Vogelkäfig. Unter Zuckungen, welche besonders deutlich an den vorderen Extremitäten auftraten, wurde die vordere Körperhälfte auffallend hell gefleckt. Das Thier blieb dabei auf einer Leiste im Käfig hängen, und die Gelbfärbung hörte ziemlich genau an der Stelle auf, von der aus der Körper auf dem Holze schwebend erhalten wurde. Das Hinterende des Thieres blieb dunkel gefärbt. Es scheint mir dieser Befund sehr geeignet zu zeigen, wie unbestimmt die Effecte sind, welche den Contractionen stärkerer Muskelgruppen ihre Entstehung verdanken. Bald nachher wurde das Thier schwarz. Doch diese Schwarzfärbung war keine complete, und Curare verstärkte sie nicht; auch dauerte sie nur kurze Zeit an, dann wurde das Thier wieder hell und blieb es. In zwei anderen Fällen begegnete ich nicht weniger zweideutigen Vergiftungserscheinungen, aus denen man jedes Beliebige schließen könnte.

Aber erfahren wir, wie es mit *Bert*'s Annahme eines zu jedem Pigmentkörper tretenden coloratorischen Nervenpaares bestellt ist, von denen der eine Nerv nach Art der Vasoconstrictoren, der andere nach Art der Vasodilatatoren wirken soll. *Bert* fährt in seinen Schlußfolgerungen an der Stelle, wo ich mir erlaubte abzuschweifen, folgendermaßen fort:

„Die Nerven, welche die Pigmentkörper gegen die Oberfläche hin bewegen, gleichen den Vasodilatatoren. Obschon man ihre Existenz annehmen muß, ist doch über ihren Verlauf und ihre Verbindung mit nervösen Centren schwer etwas Sicheres auszu-

sagen. Sehr wahrscheinlich durchsetzen sie Ganglienzellen, bevor sie sich an die Pigmentkörper begeben."

Letzteres ist nach meinen Untersuchungen wenigstens höchst unwahrscheinlich geworden, und ebensowenig für die der meinigen entgegengesetzte *Bert*'sche Ansicht, wie für die Anwesenheit der von *Bert* geforderten dilatatorischen Nerven hat irgend Jemand eine Thatsache in's Feld führen können.

Sehr geistreich — und deshalb schien es mir erforderlich, auf *Bert*'s Auffassung näher einzugehen — ist die Erklärung, welche uns *Bert* von seinen Ergebnissen der halben Durchschneidung centraler Theile gibt. Sollten sich seine Resultate als richtig erweisen, was ich nicht zu bezweifeln mir getraue, zumal sie von mir nicht wiederholt werden konnten, so würden sie in dem von mir gegebenen Schema keinen Ausdruck finden, obgleich es unter Beibehaltung alles Gegebenen leicht geschehen könnte; für jetzt möge es aber genügen, an umstehender schematischer Darstellung *Bert*'s Ansichten kurz zu entwickeln.

Jede der beiden Hirnhemisphären (*c*) regiert nach *Bert* durch Vermittlung von Reflexcentren (*r*) die coloratorischen Nerven beider Körperhälften, aber sie beeinflußt hauptsächlich die den Vasoconstrictoren analogen Nerven der ihr zugehörigen Seite und die den Vasodilatatoren analogen Nerven der ihr entgegengesetzten Seite. In der Regel kommt unter dem Einflusse von Reizen, welche durch das Auge der entgegengesetzten Seite aufgenommen werden, jede Hemisphäre gleichmäßig zur Wirkung.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß (ausgenommen die Curarewirkung, auf welche ich deshalb ein gewisses Gewicht lege, weil sie stets in unabänderlicher Form an den Pigmentkörpern zum Ausdruck gelangt) *Bert* die meisten experimentell geschaffenen Veränderungen an den peripheren Theilen nach seiner Auffassung ebenso gut wie wir erklären kann, nur bleibt es mir dabei fraglich, ob sich zur Annahme von zweierlei verschiedenen

coloratorischen Nerven Anhaltspunkte gewinnen lassen, ob ihre Annahme an sich nicht sehr bedenklich ist. Nothwendig muß sich *Bert* die Pigmentträger als contractil vorstellen, und in

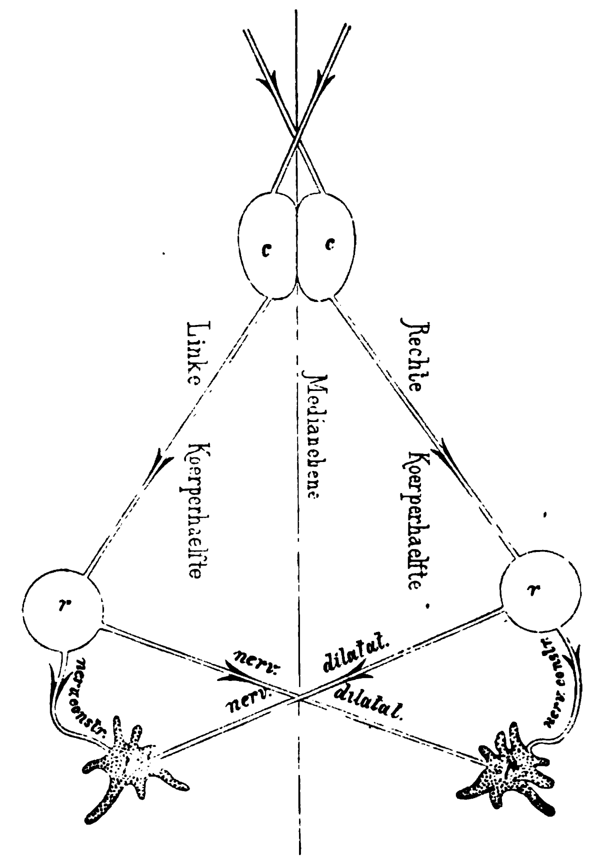


Fig. 5. Schematische Ausführung der *Bert*'schen Theorie von dem Farbenwechsel des Chamäleons.

diesem Falle wird es doch schwer zu entscheiden, wo, wenn Bewegung auftritt, der Zustand der Contraction aufhört, und wo die Ruhe einsetzt. Oder ist es vielleicht keine (wennschon nur eine partielle) Contraction, wenn die Amöbe einen Fortsatz nach dem andern ausstreckt und sich so vom Platze bewegt? Con-

trahirt sich der nackte Protoplasmakörper nur dann, wenn wir seine Masse durch electrische Reize zur Kugelform arrondiren? Ich glaube doch nicht. Vorausgesetzt, der Pigmentkörper besäße Contractilität, so müßte meines Erachtens auch die Ausbreitung des schwarzen Pigmentes an der Oberfläche der Chamäleonenhaut als ein Contractionszustand (wennschon nur eines Theiles) ihres Trägers angesehen werden[1]). Manches[2]) spricht aber dagegen,

---

[1]) Schon *G. Pouchet* (Compt. rend. T. 72. 1871. p. 868) bemerkte über die Chromatoblasten der Fische sehr richtig: „ces mots“ (dilatation et contraction) „sont inexacts et seraient avantageusement remplacés par ceux de contraction convergente et de contraction aberrante“, und der von ihm erkannte Einfluß der Electricität auf dieselben Gebilde lehrt, wie nöthig es ist, diesen Sachverhalt immer im Auge zu behalten. Nachdem *Pouchet* beschrieben, daß die Chromatoblasten bei electrischer Reizung kugelförmig werden, setzt er (a. a. O., S. 867) hinzu: „L'action de l'électricité toutefois ne paraît point indéfinie; il arrive souvent, malgré que l'on continue le courant, de voir les prolongements des corps pigmentés s'étendre de nouveau, comme si les énergies de la substance contractile, devenues un moment convergentes, reprenaient dans la masse leur dispersion antérieure“.

[2]) So z. B. eine Beobachtung an der Chamäleonhaut von *Brücke*, welche er folgendermaßen beschreibt: „Erschien die Oberfläche des Tuberkels hellfarbig, weiß oder gelb, so war der Körper der Zelle massiger, aber die Ausläufer waren theils verschwunden, theils verkürzt, sodaß sie die Oberfläche nicht erreichten. Ich überzeugte mich aber bald, daß diese Verkürzung nur scheinbar war, indem nur das Pigment in die Tiefe zurückgetreten war, die Ausläufer selbst aber nicht eingezogen, sondern nur entleert dem Auge entschwanden. Es zeigte sich das darin, daß in einigen Ausläufern und ihren Aesten einfache Reihen von Pigmentkörpern zurückgeblieben waren, welche dieselben noch kenntlich machten.“ Etwas diesem durchaus Aehnliches beobachtete *v. Wittich* an den Pigmentkörpern in der Froschhaut.

Bei den Pleuronectiden, wo die den Chromatophoren des Chamäleons analogen Pigmentträger unzweifelhaft contractil sind, tritt nach Durchschneidung der nervi optici eine Färbung auf, welche die Mitte hält zwischen dem beim Farbenwechsel bemerkbaren dunkelsten und hellsten Colorit. Eine derartige Uebergangsfarbe (grün) von längerer Dauer gelangt beim Chamäleon selten zur Wahrnehmung. Man beobachtet entweder ein mehr gleichmäßiges Gelb oder Schwarz, oder man bemerkt schwarze Punkte,

daß sich der Pigmentträger activ, sich (wie in der Cephalopodenhaut) nicht rein passiv verhält, und schon deshalb habe ich eine andere Erklärung der Thatsachen zu geben versucht. Ueberdieß ist eine doppelte Versorgung jedes einzelnen Pigmentkörpers von motorischen Nerven ohne Dazwischenkunft peripherischer Ganglien — deren Existenz ich, bevor positive Ergebnisse vorliegen, entschieden in Abrede stellen muß — etwas vor der Hand so Seltsames, daß ich mich der *Bert*'schen Auffassung — zumal ich keine einzige Thatsache kenne, die zu ihren Gunsten ausgelegt werden könnte — nicht anzuschließen vermag.

Viel besser als für den Farbenwechsel der Chamäleonen dürfte die *Bert*'sche Theorie auf den Farbenwechsel bei manchen Fischen passen, d. h. aber für diese Erscheinungen auch nur dann, wenn wir ausschließlich ihren Kernpunkt berücksichtigen, welcher schon vor *Bert* von *Pouchet* so klar erfaßt wurde.

Obgleich *Pouchet* nur wenige Experimente, welche zwar auch nur theilweise Neues lieferten[1]), über den Farbenwandel bei Fischen anstellte, so hat er dieselben doch so gewählt, daß nur noch Weniges für eine gründliche Kenntniß dieser Erscheinungen zu thun übrig bleibt. Ich vermag in Allem, was ich von seinen Versuchen wiederholte und dem Alten Neues hinzufügte, nicht nur für die Richtigkeit seiner Versuchsergebnisse einzustehen, sondern auch seinen Schlußfolgerungen mich durchaus anzuschließen.

Wer seine Beobachtungen über den Farbenwechsel nicht nur

welche sich von dem gelben Grunde scharf abheben. Auch diese Thatsache wird mit der *Bert*'schen Theorie nur gezwungen in Einklang zu bringen sein.

[1]) *Pouchet* hat die Arbeiten seiner Vorgänger (vgl. darüber die von *Seidlitz* citirte Literatur), deren Versuche zu oft genau denselben Resultaten wie die seinigen führten, ganz unberücksichtigt gelassen.

auf die Cephalopoden oder auf die Chamäleonen oder nur auf die Fische beschränken, sondern Repräsentanten aller drei (verschiedenen Typen resp. Classen angehörenden) Thierformen in's Bereich seiner Untersuchung ziehen wird, der wird bald die Ueberzeugung gewinnen, daß hier, trotzdem die Erscheinungen äußerlich manches Uebereinstimmende bieten, doch Mechanismen vorliegen, die von einander ganz ungemein abweichen. Es sei mir deshalb gestattet, im Anschluß an meine Arbeiten über das Chromatophorenspiel bei Eledone moschata und beim Chamäleon auch dem Farbenwechsel bei Fischen eine kurze Berücksichtigung zu schenken.

Durch *Seneca*, *Stark* u. A. wissen wir, wovon auch ich mich an Pleuronectiden und Corvina nigra wiederholt überzeugte, daß manche Fische regelmäßig die Farbe ihrer Umgebung annehmen[1]), was an Cephalopoden und am Chamäleon trotz gegentheiliger Behauptungen nicht zu erkennen ist. *Pouchet* fand, daß nach Enucleation des Augapfels die Fische (Gobius) dieses Anpassungsvermögen verlieren und eine Mittelfärbung annehmen, daß dagegen die Durchschneidung des Rückenmarks erfolglos bleibt, und demnach die Impulse zu dieser Art des Farbenwechsels vom Gehirne ausgehen. Ferner habe ich mich überzeugt, daß Licht und Dunkelheit einen ganz bestimmten Einfluß auf die Chromatoblasten[2]) in der Haut der Pleuronectiden ausüben,

---

[1]) Der Beschränkung, welche diesem Satze auferlegt werden muß, hat bereits *Pouchet* (Journ. de l'anat. et de la physiol. 1872. p. 71. Anm. 2) gedacht, indem er sagt: „Pour parler le langage technique des arts, ce n'est pas la couleur même du fond que prennent les turbots: leur peau prend la valeur du fond en gardant sa nuance propre brunâtre ou verdâtre".

[2]) Als „Chromatophoren" bezeichne ich die passiv ihre Form ändernden, mit Farbstoff imprägnirten festeren Gebilde oder die mit Farbstofflösung gefüllten Säckchen, welche bei Vertebraten wie Evertebraten vorkommen und Zellen an Größe und Gestalt ähnlich sind. Die von *Pouchet* eingeführte Bezeichnung „Chromatoblasten" gebrauche ich dagegen nur dann, wenn die

daß die Thiere auf schwarzem Grunde im Lichte heller und im Dunkel dunkler werden. Ferner fand ich, daß der Einfluß von Hell und Dunkel nur am lebenden, nicht am decapitirten Fische oder gar an abgetrennten Stücken seiner Haut bemerkbar ist. Außerdem lehrte ich die merkwürdige Thatsache kennen, daß, obgleich ein Abblassen bei vielen Fischen das sichere Anzeichen eines Unwohlseins ist, durch sehr verschiedenartig wirkende Gifte (Strychnin, Coffeïn, Curare und Chinin)[1]) weder dem lebenden, noch dem decapitirten Thiere, noch der abgetrennten Haut ein bestimmtes Colorit gegeben werden kann, wie es mir doch bei Cephàlopoden (Eledone, Sepia), bei Doris und auch beim Chamäleon so sicher gelang. Nur die electrische Reizung der Haut hatte bei meinen Versuchen ein circumscriptes Abblassen zur Folge gehabt, und ebenso wirkte das Bestreuen mit Kampherpulver. Auch über die Nerven, welche die Impulse vom Gehirn zu den Chromatoblasten leiten, erhalten wir durch *Pouchet*'s Versuche einen werthvollen Aufschluß. Nach Durchschneidung des nervus trigeminus oder der Rückenmarksnerven sah er bei einer Gobiusart eine Lähmung der Chromatoblasten an den von diesen Nerven versorgten Körpertheilen auftreten, und da die Vertebralnerven diesen Einfluß auf die Chromatoblasten nach *Pouchet*'s

---

diffus gefärbten oder mit pigmentirten Granulationen erfüllten zelligen Elemente selbst Contractilität besitzen, ihre Form nicht durch den Thätigkeitszustand von Muskeln bestimmt wird. Ohne daß es schon jetzt möglich wäre, in jedem Falle mit Bestimmtheit anzugeben, ob der Farbstoffträger eine Chromatophore oder ein Chromatoblast ist, werde ich doch diese, ihrem Begriffe nach grundverschiedenen Wörter stets da gebrauchen, wo mir genügende Anhaltspunkte gegeben zu sein scheinen, um sich über die Natur des Farbstoffträgers ein Urtheil bilden zu können.

[1]) Es war mir damals unbekannt gewesen, daß schon *Pouchet* in Bezug auf den Farbenwechsel bei Gobius mitgetheilt hatte: „Il ne nous a point paru que les substances toxiques, le curare, la strychnine, la morphine, la vératrine et en particulier la santonine, aient une influence sensible sur la fonction“.

früherm Versuchsergebnisse nicht vom Rückenmark aus empfangen, so mußte dieser ihnen nothwendig vom nervus lateralis oder vom großen Sympathikus aus zukommen. Die Durchschneidung des nervus lateralis blieb aber ohne Erfolg, die Zerstörung des großen Sympathikus an einem Punkte seines Verlaufs im untern Vertebralcanale bewirkte dagegen die directe Lähmung aller Chromatoblasten am hinterliegenden Körpertheile und in Folge dessen eine Dunkelfärbung der Haut. Die Zerstörung des Sympathicus in einem vordern Bezirke stieß aus anatomischen Gründen auf große Schwierigkeiten; doch gelang es *Pouchet* durch vergleichende Versuche am nervus und an der arteria submaxillaris zu zeigen, daß es der Nervenfaden (n. submaxillaris) und kein das Gefäß versteckt begleitender Nerv ist, welcher den Farbenwechsel bei Gobius vermittelt.

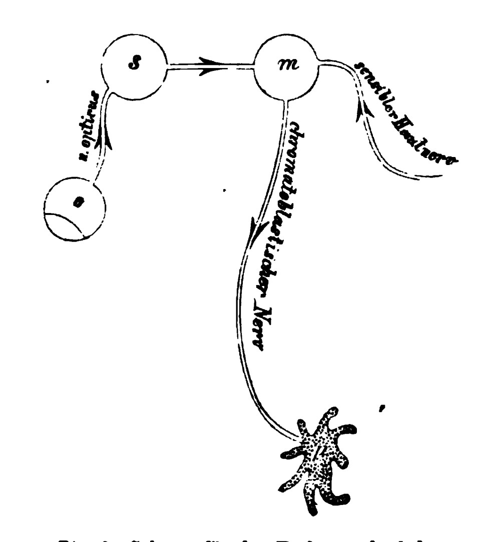


Fig. 6. Schema für den Farbenwechsel der Pleuronectiden.

Versuchen wir jetzt, auch diesen Versuchsergebnissen einen schematischen Ausdruck zu geben.

Am Tage, wo die verschiedenartigsten Reize (als deren mächtigster wohl das Licht angesehen werden muß), zugeleitet durch sensibele Hautnerven, reflectorisch durch Vermittlung des motorischen Centrums im Gehirne (*m*) auf die Chromatoblasten (*p*) wirken, besteht an diesen ein mehr oder weniger intensiver Reflextonus. Zugleich sind aber auch die Formveränderungen der Chromatoblasten vom Willenscentrum (*s*) abhängig, doch scheint

mir dieser spontane Einfluß ungleich weniger mächtig als der zu sein, welchen das Licht auf reflectorischem Wege an den Chromatoblasten äußert. Ich schließe dieses daraus, daß die im Finstern gehaltenen Pleuronectiden stets dunkler gefärbt waren, als wenn sie sich am Lichte befanden. Platessa passer, Solea vulgaris, Rhombus maximus etc. verhalten sich demnach in diesem Punkte völlig entgegengesetzt wie das Chamäleon und die Cephalopoden; bei letzteren verwischte am lebenden Thiere der spontane Wechsel der Hautfarbe vollständig den Effect des reflectorischen Vorganges, bei den Pleuronectiden dagegen wird es oft schwer, den spontanen Farbenwandel überhaupt zu erkennen, der nur in den Anpassungserscheinungen deutlich zum Ausdruck gelangt.

Dem Farbenwechsel bei Fischen, besonders bei den Pleuronectiden, auf welche sich meine Untersuchungen beschränken, scheint nach den Angaben, welche ich darüber kenne, der Farbenwechsel bei manchen Krustern[1]) nahe verwandt zu sein. Einer gleichen Berücksichtigung würde weiterhin auch der Farbenwechsel bei Schmetterlingsraupen werth sein, an denen ich beobachtete, daß ihre Färbung sich besonders mit dem Zustande der Ernährung, wenig oder garnicht nach Vergiftungen mit Strychnin oder Curare ändert.

Die goldgrüne Farbe von Carabus auratus wird auf Interferenzerscheinungen beruhen, wenigstens ist sie, wie mich meine an den Flügeldecken dieses Käfers ausgeführten Versuche lehr-

---

[1]) Vgl. *Pouchet, G.* Sur les rapides changements de coloration provoqués expér. chez les Crustacés. Journ. de l'anat. et de la physiol. 8. année. 1872. p. 401—407.

Jourdain, S. Sur les changements de couleur du Nika edulis. Compt. rend. T. 87. 1878. p. 302—303.

Mayer, P. Carcinologische Mittheilungen. Mitth. a. d. zoolog. Station zu Neapel. Bd. I. Heft 4. 1879. S. 521—522.

ten, weder lichtempfindlich, noch ist aus den Flügeldecken durch Aether, Benzol, Schwefelkohlenstoff, Chloroform oder Alkohol — auch wenn die Flügeldecken vorher mit Salzsäure oder Ammoniak behandelt waren — ein grüner oder nur grünlicher Farbstoff extrahirbar. Es ist ebensowenig daran zu denken, daß die Flügeldecken von Carabus auratus ihre Farbe einem chlorophyllartigen Körper (frei oder an anorganische Stoffe gebunden) verdanken, als daß dieser, wie *K. B. Hofmann*[1]) angibt, in den Cantharidenflügeln enthalten ist; mehrere Gramme von letzteren habe ich ein halbes Jahr lang theils mit Aether, theils mit Alkohol oder Benzol in Berührung gelassen; die Flüssigkeiten erweisen sich nach dieser Zeit aber noch ebenso klar und ohne jede Färbung, die auf einen Chlorophyllgehalt, wenn auch nur entfernt hindeuten könnte, als zuvor und ließen concentrirt im Spectrum kein Absorptionsband erkennen. Auch Säuren und Ammoniak veränderten die Farbe der Cantharidenflügel in der Kälte nicht. Alkoholische oder ätherische Auszüge, welche die Absorptionsbänder des Chlorophylls zeigen, erhält man aus den Canthariden nur dann, wenn man die zerdrückten ganzen Thiere mit den Flüssigkeiten behandelt, und nur auf derartigen Versuchen kann die erwähnte Angabe von *Hofmann* beruhen; aber ich werde kaum hinzuzusetzen brauchen, daß das Chlorophyll, welches man nach dieser Art des Operirens nachweist, aus den Darmcontenten und nicht aus der Chitindecke der Käfer stammt. Auf Texturveränderungen an der Oberfläche der chitinösen Hülle, über welche histologische Untersuchungen wohl einen Aufschluß liefern könnten, nicht auf die Zersetzung eines Farbstoffes müssen die bei regelwidrig frostigem Frühjahrswetter oder bei den ein höheres Terrain bewohnenden Goldkäfern auftretenden Farbenabweichungen zurückgeführt werden, welche auch mir in der

[1]) *Hofmann, K. B.* Lehrbuch der Zoochemie. 3. Heft. 1879. S. 368.

von *Leydig*[1]) beschriebenen Weise an Carabus auratus aus eigener Anschauung bekannt geworden sind. Mir ist es auch gelungen, das Smaragdgrün der Cantharidenflügel in dasselbe Braungrün überzuführen, welches wir im Spätjahr an Carabus auratus wahrnehmen. Man braucht die Flügeldecken nur mit Wasser, Salzsäure oder Natronlauge eine kurze Zeit zum Sieden zu erhitzen, um diesen Farbenwechsel sehr schön auftreten zu sehen.

Neuere einschlägige Literatur.

Bert, P. Sur le mécanisme et les causes de changements de couleur chez le Caméléon. Compt. rend. 1875. T. 81. p. 938—941. Als „On the Mechanism and Causes of the Changes of Colour in the Chameleon" findet sich der Aufsatz wortgetreu übersetzt in Ann. and Magaz. of natural history. Ser. IV. Vol. 17. 1876. S. 97—99.

Brücke, E. Ueber den Farbenwechsel der Chamäleonen. Sitzungsb. d. k. Acad. d. Wissenschaften zu Wien. 1851. Bd. VII. S. 802—806.

—, Vergleichende Bemerkungen über Farben und Farbenwechsel bei den Cephalopoden und Chamäleonen. Ibid. 1852. Bd. VIII. S. 196—200.

—, Untersuchungen über den Farbenwechsel des afrikanischen Chamäleons. Denkschr. d. k. Acad. d. Wiss. zu Wien. Math.-naturw. Cl. 1852. Bd. 4. Erste Abth. S. 179—210. Mit ausführlicher Erörterung aller bis dahin über den Farbenwechsel beim Chamäleon erschienenen Schriften.

—, Vorlesungen über Physiologie. Bd. I. Wien. 1874. S. 439—444.

Busch, W. Phänomene aus dem Leben der Pigmentzellen. *Müller's* Archiv. 1856. S. 415.

Harleß, E. Ueber die Chromatophoren des Frosches. Z. f. wiss. Zool. Bd. V. 1854. S. 372—379.

Heincke, Fr. Bemerkungen über den Farbenwechsel einiger Fische. A. d. Schriften d. naturw. Vereins f. Schleswig-Holstein. Bd. I. Heft 3. 1875. S. 255 ff.

---

[1]) *Leydig,* Bemerk. über d. Farbe d. Hautdecke u. Nerven d. Drüsen bei Insecten. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XII. 1876. S. 539—540.

Vergl. dazu: *Krukenberg,* Vergl. physiol. Studien a. d. Küsten der Adria. II. Abth. S. 73—76.

Heincke, Fr. Die Gobiidae und Syngnathidae der Ostsee nebst biologischen Bemerkungen. Arch. f. Naturg. 46. Jahrg. 1880. S. 306 u. S. 323 ff.

Hoppe-Seyler, F. Physiologische Chemie. I. Theil. Allg. Biologie. Berlin. 1877. S. 25.

Klemensiewicz, R. Beiträge z. Kenntniß d. Farbenwechsels der Cephalopoden. Aus den Sitzungsb. d. k. Acad. d. Wiss. zu Wien. Bd. 78. 1878. III. Abth. Juni-Heft.

Krukenberg. Der Mechanismus des Chromatophorenspieles bei Eledone moschata. Vergl. physiol. Studien a. d. Küsten der Adria. I. Abth. 1880. S. 1—37.

Meyer, Loth. Ueber die Abhängigkeit der Gefäße u. der Pigmentzellen beim Frosch von dem Nerveneinfluß. Archiv f. path. Anat. u. Physiol. Bd. VI. 1854. S. 581—582.

Pouchet, G. Sur les rapides changements de coloration provoqués expérimentalement chez les poissons. Compt. rend. T. 72. 1871. p. 866—869.

—, Du rôle des nerfs dans les changements de coloration des poissons. Journ. de l'anat. et de la physiol. norm. et path. 8. année. 1872. p. 71—74.

—, Sur les rapides changements de coloration provoqués expérimentalement chez les Crustacés et sur les colorations bleues des poissons. Ibid. p. 401—407.

Seidlitz, G. Beiträge zur Descendenztheorie. Leipzig. 1876. Mit sorgfältig gesammelten Literaturangaben über den Farbenwechsel aller Thierclassen.

Semper, C. Die natürlichen Existenzbedingungen der Thiere. Leipzig 1880. I. Th. S. 112 ff. u. II. Th. S. 232.

Virchow, Rud. Chromatophoren beim Frosch. Arch. f. path. Anat. u. Physiol. Bd. VI. 1854. S. 266—267.

Wittich, v. Die grüne Farbe der Haut unsrer Frösche; ihre physiologischen und pathologischen Veränderungen. *Müller*'s Archiv. 1854. S. 41—59.

—, Entgegnung auf *Harleß* „über die Chromatophoren des Frosches". Ibid. 1854. S. 257—264.



Vergleichend-physiologische Beiträge zur Kenntniss der Respirationsvorgänge bei wirbellosen Thieren.

In einer frühern Mittheilung[1]) erlaubte ich mir, auf den Werth der Untersuchungen thierischer Farbstoffe hinzuweisen und hob hervor, welchen Einfluß ihr Studium auf das Verständniß der Functionen auszuüben im Stande ist. Während ich mir früher die Aufgabe stellte, den Beziehungen der Körperfarbe zur Verdauung und zur Anbildung neuen Körpermaterials nachzuforschen, will ich jetzt versuchen, die Bedeutung einiger Farbstoffe für das Respirationsgeschäft zu erörtern. Um die sehr zerstreuten einschlägigen Arbeiten zu vereinigen, sei es mir gestattet, der Literatur eine eingehendere Berücksichtigung zu schenken, daraus entnommene Angaben möglichst im Wortlaut der Verfasser mitzutheilen.

Nächst dem Hämoglobin ist der am längsten und am besten bekannte Blutfarbstoff das

Hæmocyanin.

Vor mehr als dreißig Jahren machte *E. Harleß*[2]) die für die vergleichende Physiologie der Respirationsprocesse so bedeutungsvolle Entdeckung, daß die himmelblaue Farbe des Helix-

---

[1]) *Krukenberg,* Vergl. physiol. Studien a. d. Küsten d. Adria. II. Abth. S. 65.

[2]) *Harleß, E.* Ueber das blaue Blut einiger wirbelloser Thiere und dessen Kupfergehalt. *Müller's* Archiv. 1847. S. 148 ff.

blutes im Contact mit der atmosphärischen Luft deutlicher wurde, daß sie durch Kohlensäure verschwand und nach Einleiten von Sauerstoff wieder vollkommen hervortrat. Dieß ließ sich an demselben Blut oft wiederholen. Alkohol coagulirte das Blut, und das Coagulum war farblos. Ammoniak zerstörte die blaue Farbe vollkommen, die aber bei Zusatz von etwas Salzsäure sogleich wieder zum Vorschein kam. *Harleß* schied ferner den Farbstoff aus dem Blute durch Fällen mit Thonerde ab. So dargestellt verlor er bei einer Temperatur von 40—50° C. seine blaue Farbe und wurde bräunlich, an der Luft getrocknet blieb er dagegen blau. Die Farbe wurde leicht in kochendem, durchaus nicht in kaltem Wasser, in kochendem Alkohol, schwer in kochendem Aether zerstört, und sie konnte dann durch kein Reagens wieder hergestellt werden, so wenig als nach der Zerstörung durch Chlor und Schwefelwasserstoff.

Alle diese Eigenschaften machten *Harleß* gewiß, daß die Farbe nicht einem Kupfersalze ihr Entstehen verdankt; gleichwohl schien ihm aber der Farbstoff der fast alleinige Träger dieses Metalls hier zu sein; denn der Thonerdefarbstoff hinterließ 29,53 % grüne Asche, welche sehr viel, wahrscheinlich fast die ganze Menge Kupfer, die sich überhaupt im Blute dieser Thiere fand, enthielt. Da sich der an Thonerde gebundene Farbstoff vollständig mit Wasser auslaugen ließ, so konnte *Harleß* eine Elementaranalyse desselben vornehmen, die mit möglichster Genauigkeit angestellt sein soll, da zu einer zweiten controlirenden Analyse das Material fehlte. Sie ergab:

C = 45,79
H = 5,05
N = 13,23
O = 35,93
———
100,00.

Die blaue Farbe des Schneckenblutes fiel *Harleß* erst zur Winterzeit auf, während er diese Erscheinung nie im Sommer hatte wahrnehmen können. Er glaubte deshalb, daß es im Hinblick auf die Experimente an dem aus dem Körper getretenen Blute sehr wahrscheinlich sei, daß innerhalb der geschlossenen Schale eine gewisse Menge freien Sauerstoffgases — ähnlich wie im Hühnerei nach *Bischoff*'s Analyse — zurückgehalten werde.

Diese Beobachtungen, so sehr geeignet den Respirationsvorgängen bei Wirbellosen experimentell näher zu treten, blieben bis vor Kurzem so gut wie unbeachtet, trotzdem fruchtlose Speculationen mannigfachster Art bezeugen, daß das Interesse für die Erforschung der Functionen auch bei den wirbellosen Thieren in den verflossenen dreißig Jahren keineswegs erloschen war. Man begnügte sich damit, die Farbe, auch wohl die Gerinnungserscheinungen des Blutes, die Form und Größe seiner zelligen Elemente weitläufig zu schildern; das Verständniß der respiratorischen Bedeutung des sog. Evertebratenblutes wurde dadurch aber selbstverständlich nicht gefördert.

Zehn Jahre nach dem Erscheinen des *Harleß*'schen Aufsatzes beobachtete *Hæckel*[1]) „einen sehr eigenthümlichen Farbenwechsel des Plasma an zwei Exemplaren von Homola Cuvieri, wo das beim Austritt aus dem lebenden Thiere ganz farblose Blut innerhalb 8—10 Stunden allmälig grau und zuletzt intensiv schwarz wurde", und er fügt hinzu, daß „auch das hellbläuliche Blut eines Hummers nach mehreren Stunden dunkler violett war". Näher die Eigenschaften dieser Blutarten festzustellen, lag jedoch seiner Aufgabe fern.

Trotzdem endlich über die *Harleß*'schen Untersuchungen von *Keferstein* in *Bronn*'s Classen und Ordnungen des Thierreiches (Bd. III, S. 1208) ausführlich und genau berichtet wurde,

[1]) *Hæckel, E.* Ueber die Gewebe des Flußkrebses. *Müller*'s Archiv. 1857. S. 511. Anm. 1.

blieben sie doch noch so lange vergessen, bis es *P. Bert* gelang, seine Landsleute für die *Harleß*'sche Behandlungsweise der Frage nach den Respirationsvorgängen der Evertebraten zu interessiren. Nach *Bert*[1]) ist das Blut bei Sepia farblos, schwach bläulich besonders in den Kiemenvenen; in Berührung mit der Luft nimmt es eine himmelblaue Farbe an. Dieser Farbenwechsel vollzieht sich (abweichend vom Wirbelthierblute) nach *Bert* in dem Blutplasma, und das an der Luft blau gewordene Blut behält nach dem Aufkochen seine blaue Farbe bei.

1873 veröffentlichten *Rabuteau* und *Papillon*[2]) ihre Versuche über die Farbenveränderung des Octopusblutes. Sie unterwarfen zuerst das hämocyaninhaltige Blut der spectralanalytischen Untersuchung und fanden, daß es keine Absorptionsbänder zeigt. Sie berichteten ferner, daß sich das Blut von Octopus an der Luft schwach bläut und seine blaue Farbe verliert, wenn ein Kohlensäurestrom hindurchgeleitet wird; daß es, wenn man es darauf vom Neuen mit Luft schüttelt, abermals blau wird. Krabbenblut, besonders das von crabe tourteau, wieß ihnen ganz gleiche Erscheinungen auf. „Rien de plus net", bemerken sie, „que ces alternatives de coloration en bleu par l'air et de décoloration par l'acide carbonique".

Entgegen der, wie auch ich mich überzeugte, unrichtigen Angabe von *Harleß*, daß das Blut von Eledone durch Kohlensäure blau, durch Einleiten von Sauerstoff entfärbt werde, entschieden die Versuche von *Rabuteau* und *Papillon* wenigstens soviel für die *Bert*'sche Auffassung, dergemäß das Sepienblut durch den Luftsauerstoff seine Blaufärbung erhält, als dadurch

---

[1]) *Bert, P.* Sur la physiologie de la Seiche. Compt. rend. T. 65. 1867. p. 300—303.

[2]) *Rabuteau* u. *Papillon, F.* Observations sur quelques liquides de l'organisme des Poissons, des Crustacés et des Céphalopodes. Compt. rend. T. 77. 1873. p. 137.

gezeigt wurde, daß das blaue Octopusblut durch Einleiten von Kohlensäure entfärbt, nicht daß umgekehrt das farblos gewordene durch Kohlensäure wieder gebläut wird.

Nach *Jolyet* und *Regnard*[1]) verhält sich Krabbenblut ähnlich wie das Helixblut nach *Harleß'* Untersuchungen. „Das mit Luft geschüttelte Blut zeigt eine schöne, blaue oder bräunliche Farbe, je nach der Art, wie man es prüft; allmälig verliert es seine Farbe, indem es einen röthlichen, schwach gelblichen Ton annimmt. Läßt man darauf reines Sauerstoffgas hinzutreten, so nimmt das Blut wieder seine ursprüngliche Färbung an.“ Versuche mit Natronhydrosulfit angestellt, führten zu den nämlichen Ergebnissen. Wurde das Krabbenblut mit Alkohol behandelt, so nahm der Eiweißniederschlag eine blaue Farbe an, während ein rothes Pigment in Lösung blieb. Es finden sich nach *Jolyet* und *Regnard* im Krabbenblute somit zwei Farbstoffe, ein blauer und ein rother; jener ist an Eiweiß gebunden und fällbar durch Alkohol, dieser bleibt im alkoholischen Filtrate.

1878 erschien die inhaltsreiche Arbeit von *Fredericq*[2]) über die Physiologie von Octopus vulgaris, in welcher das Blut dieses Cephalopoden eingehender als irgendwie zuvor behandelt wurde. Er zeigte, daß, wie es schon für den blauen Körper des Helixblutes angegeben war, der blaue Blutfarbstoff von Octopus ein kupferhaltiges Albuminat ist, und den er zweckmäßig Hæmocyanin nennt. *Fredericq* fand ferner unter Anwendung scharfsinniger Methoden, daß außer diesem Eiweißkörper vielleicht kein anderer im Octopusblute vorkommt, und daß deshalb auch das Hämocyanin durch Dialyse rein erhalten werden kann. Er zu-

---

[1]) *Jolyet, F.* u. *Regnard, P.* Recherches physiologiques sur la respiration des animaux aquatiques. Extr. des Archives de physiologie. 2. Sér. T. IV. 1877. p. 36 ff.

[2]) *Fredericq, L.* Sur l'organisation et la physiologie du Poulpe. Extrait des Bulletins de l'Acad. r. de Belgique. 2. Sér. T. 46. No. 11. 1878. p. 4—21.

erst stellte das Blauwerden des Cephalopodenblutes bei Sauerstoffaufnahme außer jeden Zweifel und bestätigte dessen Entfärbung bei Sauerstoffentziehung (durch Auspumpen mittelst einer *Gréhant*'schen Quecksilberluftpumpe, durch Einleiten von CO_2 oder SH_2, nach einem 1—2-tägigen Aufbewahren in zugeschmolzenen Röhren). Auch er findet bei der spectroskopischen Untersuchung keine Absorptionsbänder und kann den Farbstoff krystallisirt nicht erhalten. Ferner lehrt er uns verschiedene Mittel kennen, durch die es möglich wird, schon im lebenden Thiere diesen Farbenwechsel des Blutes zu erkennen. Wie das Hämoglobin durch Säuren in ein eisenfreies Eiweiß und in einen eisenhaltigen Körper (Hämatin) zerlegt wird, so erhält man nach *Fredericq* auch aus der Hämocyaninlösung durch Zusatz einiger Tropfen Salpeter- oder Salzsäure einen durchaus kupferfreien Eiweißniederschlag und einen in Lösung bleibenden kupferhaltigen Körper, der wahrscheinlich mit Salzsäure ungefärbte Krystallnadeln, mit Salpetersäure prismatische Krystalle bildet.

In einer spätern Arbeit hebt *Fredericq* [1]) hervor, daß der blaue Farbstoff des Hummerblutes mit Hämocyanin identisch zu sein scheint; denn auch dieser diffundirt nicht und ist ein bei Erwärmung oder durch Alkohol coagulirender Eiweißkörper, der sich mit Sauerstoff prächtig blau färbt, im Vacuum sich dagegen entfärbt und Kupfer enthält. Die sich auf das Krabbenblut beziehenden Angaben von *Jolyet* und *Regnard* passen nach *Fredericq* auch auf das Hummerblut. Dieses zeigt mit Sauerstoff geschüttelt im auffallenden Lichte eine blaue (Hämocyanin), im durchfallenden eine bräunliche Farbe (rothes Pigment). Der rothe Körper gehört nicht zu den Eiweißstoffen, ist, wennschon schwer, diffusabel, coagulirt nicht beim Kochen, auch nicht durch Alko-

---

[1]) *Fredericq, L.* Note sur le sang du Homard. Extr. des Bulletins de l'Acad. r. de Belgique. 2. Sér. T. 47. No. 4. Avril 1879.

hol, worin er sich löst, und enthält keine metallische Bestandtheile; er wechselt weder im luftverdünnten Raume noch beim Hinzutreten von Sauerstoff die Farbe und hat demnach mit dem Farbenwechsel des Blutes entschieden nichts zu thun. Der rothe Farbstoff ist nach *Fredericq* auch kein constanter Bestandtheil des Hummerblutes.

Das Blut von Arion und Helix enthält nach *Fredericq* gleichfalls einen eiweißartigen Körper, der sich an der Luft bläut, Kupfer enthält und zweifelsohne mit dem Hämocyanin identisch ist; in den an Eiweißsubstanzen außerordentlich armen Blutarten von Unio und Anodonta konnte er keinen durch Luft- oder Sauerstoffeinfluß hervorgerufenen Farbenwechsel erkennen. Auch das frische Blut von Limulus wird nach *Ray Lankester*[1]) an der Luft blau.

Ich prüfte das bläuliche Blut zweier Cephalopoden (Eledone moschata und Sepia officinalis) und mehrerer Krebsarten (Homarus vulgaris, Carcinus mænas, Eriphia spinifrons, Portunus depurator, Grapsus marmoratus, Maja verrucosa, Pilumnus villosus, Squilla mantis) und sah dasselbe beim Schütteln mit Sauerstoff und mit atmosphärischer Luft mehr oder weniger intensiv blau werden, beim Schütteln mit Kohlensäure dagegen theils sich völlig entfärben, den blauen Farbenton jedenfalls sich vermindern. Diesen Farbenwechsel habe ich an ein und derselben Blutportion acht- (Eriphia), zehn- (Squilla), ja selbst sechzehnmal (Eledone) hervorgerufen; zwar tritt er an dem gelassenen Blute später meist nicht mehr so deutlich auf, als wenn man das dem lebenden Thiere frisch entnommene Blut sogleich mit Sauerstoff und darauf mit Kohlensäure schüttelt. Es ist mir sehr wahrscheinlich, daß ein Theil

---

[1]) *Ray Lankester, E.* Motility of the spermatozoids of Limulus. Quart. Journal of micr. Science. 1878. S. 453 ff.

des Hämocyanins oder seines ungefärbten Reductionsproductes im Blute schon nach einigen Stunden ruhigen Stehens zersetzt oder unlöslich wird.

Wer die Versuche über die Eigenschaften des Hämocyanins an dem Blute der Pulmonaten beginnen und erkennen würde, daß — wie ich es oft bei Limnæus stagnalis bemerkte — das Blut zwar an der Luft blau wird, bei anhaltendem Schütteln mit Kohlensäure sich aber gar nicht oder äußerst wenig wieder entfärbt, muß nothwendig auf die Vermuthung kommen, daß diese Blaufärbung nur auf Opalescenzerscheinungen beruht. Er wird es unbegreiflich finden, daß keiner der früheren Untersucher dieser Möglichkeit gedenkt. Als ich zuerst am Blute von Helix pomatia experimentirte, blieb es mir zweifelhaft, ob feine Eiweißcoagula die Bläuung desselben bedingten, ob diese auf der Farbe trüber Medien beruhe, oder ob der blaue Farbenton des Blutes, der bei Berührung mit der Luft entschieden deutlicher hervortrat, durch ein besonderes Pigment veranlaßt wurde. Ich dampfte das blaue Helixblut bei constant 30—40° C. auf dem Wasserbade zur Trockne ein und erhielt einen blaugrünlichen, kein Eisen[1]), aber auch nur geringe Spuren von Kupfer enthaltenden Rückstand. Schon dieses Verhalten sprach gegen meine, mir anfangs über diese Erscheinung gebildete Ansicht, und seitdem ich meine Versuche auf Cephalopoden und Krebse ausdehnen und an Pulmonaten (Helix pomatia und aspersa, Limnæus stagnalis) wiederholen konnte, zweifle ich nicht mehr, daß auch in den Gastropoden, deren Blut durch den Luftsauerstoff blau wird, ein Körper existirt, der dem reducirten Hämocyanin in seinen Eigenschaften mindestens sehr nahe verwandt ist.

---

[1]) Ueber das von mir bei der Eisenbestimmung benutzte Verfahren vgl. meinen Aufsatz: Mangan ohne nachweisbare Mengen von Eisen in den Concrementen aus dem *Bojanus*'schen Organ von Pinna squamosa. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II, S. 288.

Aber viel bedeutenderen individuellen Schwankungen als bei Krebsen und Cephalopoden begegnete ich bei den einzelnen Gastropodenspecies. Das Blut des einen Thieres blieb bei Berührung mit der Luft oder nach dem Schütteln mit Sauerstoffgas durchaus farblos; das eines andern färbte sich unter diesen Umständen zwar mehr oder weniger blau, ließ sich aber durch Einleiten von Kohlensäure, Kohlenoxyd oder Wasserstoffgas nicht wieder entfärben, und nur in seltenen Fällen (am häufigsten bei Helix aspersa; auch am Blute von Helix pomatia konnte ich zwei- oder dreimal das Erscheinen und Verschwinden der Blaufärbung sicher beobachten) war der Farbenwechsel fast ebenso deutlich wie bei den Krebsen und Cephalopoden. Unverständlich ist es mir zwar geblieben, weshalb sich — so abweichend von meinen Erfahrungen an Cephalopoden und Krebsen — der an der Luft eingetretene blaue Farbenton im Blute einiger Pulmonaten (speciell bei Limnæus stagnalis) so widerstandsfähig den reducirenden Gasen (CO_2, CO und H) gegenüber verhält; möglich, daß in dem Hämocyanin des Blutes von Gastropoden der Sauerstoff fester als in dem Hämocyanin des Krebs- und Cephalopodenblutes gebunden ist. Allmälig nimmt aber auch im Limnæusblute die Blaufärbung spontan wieder ab.

Ich habe zuerst den Einfluß von Gasen, mit welchen das Hämoglobin lose Verbindungen eingeht oder durch die es seines Sauerstoffs beraubt wird, auf das Hämocyanin weiter verfolgt und meine Resultate bereits mitgetheilt[1]). Ich fand, daß das hämocyaninhaltige Blut (von Cephalopoden und Krebsen) beim Schütteln mit Kohlensäure, Kohlenoxyd oder Wasserstoffgas entbläut

---

[1]) *Krukenberg,* Zur Kenntniß des Hämocyanins u. seiner Verbreitung im Thierreiche. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1880. No. 23. Die von mir in dieser vorläufigen Mittheilung gegebenen kurzen historischen Notizen entsprechen nicht vollständig dem Thatbestande und seien deshalb durch die hier aufgeführten und sorgfältig gesammelten Literaturangaben berichtigt.

wird, daß sich aber in jedem Falle die blaue Farbe durch Schütteln mit sauerstoffhaltiger Luft sehr rasch wieder hervorbringen läßt. Am raschesten schien mir die Entbläuung durch Kohlensäure zu erfolgen, und abweichend von dem Verhalten des Hämoglobins färbte sich auch das mit reinem, von Kohlensäure durchaus freiem Kohlenoxydgas gesättigte und dadurch farblos gewordene Blut beim Schütteln mit atmosphärischer Luft schnell wieder blau. Die Sauerstoffzehrung des hämocyaninhaltigen Blutes war bei einigen meiner Versuche (Blut von Squilla, Eledone, Eriphia) eine ziemlich bedeutende; denn schon nach wenigen Stunden ruhigen Stehens in einem gut verschlossenen Gefäße hatte sich das mit Sauerstoff gesättigte, tiefblaue Blut entfärbt. Ließ ich das durch Sauerstoffaufnahme blau gewordene Blut in einem Probirröhrchen an der Luft stehen, so verschwand die Blaufärbung nicht in der Richtung von oben nach unten, sondern stets entfärbte sich zuerst die untere Schicht der Flüssigkeit, während an der Oberfläche, an der Berührungsfläche mit der atmosphärischen Luft das Blut am längsten seinen blauen Farbenton bewahrte. Aus diesem Versuchsergebnisse geht mit Evidenz hervor, daß nicht im Blute suspendirte Theilchen die Bläuung bewirken, sondern daß diese in der Gegenwart eines Chromogens, das durch Sauerstoffaufnahme blau wird, ihren Grund hat.

Nach dem Schütteln mit Schwefelwasserstoffgas färbte sich das blaue Krebs- und Eledoneblut schwach gelblich und verlor zugleich die Eigenschaft durch Sauerstoffaufnahme blau zu werden. Der blaue Blutfarbstoff der Cephalopoden erwies sich mit dem der Crustaceen als völlig identisch; das blaue Blut der Eledone wich in seinem Verhalten gegen Sauerstoff und Kohlensäure auch von dem Helixblute (nach *Harleß'* Angabe) nicht ab. Ich bestätigte die Angaben von *Rabuteau, Papillon* und *Fredericq*, daß sowohl in dem mit Sauerstoff gesättigten, tiefblauen hämocyaninhaltigen Blute wie in dem durch Reduction farblos

gewordenen keine charakteristischen Merkmale spectroskopisch wahrzunehmen sind, daß Absorptionsbänder durchweg fehlen, und fügte ferner hinzu, daß sich mittelst der *Teichmann*'schen Probe keine den Häminkrystallen ähnliche Gebilde aus dem hämocyaninhaltigen Blute darstellen ließen. Endlich wies ich auch schon früher auf die sehr merkwürdige Verbreitung des Hämocyanins hin.

Fredericq hob nur hervor, daß der rothe Farbstoff sich nicht regelmäßig im Hummerblute finde, und es könnte darnach scheinen, als ob der blaue Körper, das Hämocyanin, bei den einzelnen Individuen ein und derselben Krebsart im Blute constant, ja bei Vertretern dieser Classe allgemein vorkomme. Beide Vorstellungen sind aber unrichtig. Sowohl bei Mollusken wie bei Krebsen zeigt das Blut oft außerordentlich große individuelle Verschiedenheiten[1]) in der Blaufärbung, welche es nach anhaltendem Schütteln mit Sauerstoff annimmt, und beim Flußkrebs wie bei mehreren Gastropoden (Tethys fimbria, Doris tuberculata[2]), Aplysia depilans, Pleurobranchus etc.) habe ich das Hämocyanin ständig vermißt. Schon lange weiß man, daß sich das Blut einiger Gastropoden und Krebse durch seine Farbe sehr bemerkenswerth von dem nahe verwandter Arten unterscheidet. So ist das Blut von Planorbis ziemlich hochroth[3]), das Blut von

[1]) Das Blut von Portunus depurator färbte sich oft durch Sauerstoff nur sehr schwach blau; tief indigblau sah ich bisweilen das Blut vom Hummer, von Eriphia spinifrons und von Squilla mantis werden.

[2]) Das Blut von Doriopsis limbata fand ich bei fünf Exemplaren ungefärbt, und es nahm beim Schütteln mit Sauerstoff keinen blauen Farbenton an; ein sechster Fall machte es mir jedoch wieder fraglich, ob nicht auch bei einigen Individuen dieser Opistobranchienart Hämocyanin sich findet.

[3]) Es blieb lange fraglich, ob die rothe Flüssigkeit im Körper der Planorbis thatsächlich das Blut war. *Cuvier* (Mém. sur le Limnée et le Planorbe. p. 12) bemerkte darüber Folgendes: „Ich brauche nicht zu sagen, daß der rothe Saft bei Planorbis nicht das Blut ist. Das wirkliche Blut, welches im Herzen und in den Arterien circulirt, ist wie das bei Helix und Limnæus bläulich“. *A. Moquin-Tandon* (Observations sur le sang

Apus intensiv roth (*v. Siebold*), das von Gammarus violett (*v. Siebold*), das von Limnadia fast rubinroth (*Klunzinger*), das von Palinurus (*Lund* und *Schultz*) wie das von Astacus (*Hæckel*) meist blaßröthlich, das von Lernanthropus röthlichgelb (*C. v. Heider*) u. s. w.

Als ich das Blut verschiedener Krebse auf Hämocyanin prüfte und bei den meisten Arten die von *Jolyet* und *Regnard* angegebenen beiden Pigmente, bei Eriphia und Homarus oft nur den blauen, beim Flußkrebs keinen oder nur den rothen Farbstoff antraf, wurde ich lebhaft an die seltsamen Schwankungen des Enzymgehaltes erinnert, welche ich bei nahe verwandten Mollusken und Krebsen aufgefunden hatte[1]). Wie der Verdauungssaft bei einigen Krebsarten außer Diastase nur Trypsin, bei anderen nur Homaropepsin, bei den meisten aber beide eiweiß-

des Planorbes. Ann. d. scienc. nat. Zoologie. 3. Sér. T. 15. 1851. p. 145—151) will aber die rothe Flüssigkeit bei ganz jungen Thieren in den Mantelrand und in die Schale eintreten gesehen haben; auch behauptet er, daß der Saft überall hervortritt, wo man das Thier anschneidet, und macht außerdem geltend, daß die Planorben insgesammt ein rothes oder röthliches Blut haben. Nach *Ray-Lankester* (Preliminary notice of some observations with the spectroscope on animal substances. Journal of anat. and physiol. Vol. II. 1868. S. 114, Anm. 2) enthält die rothe Flüssigkeit auch Blutkörperchen und Hämoglobin; sie gerinnt ferner außerhalb des Körpers spontan und findet sich auch im Herzen des Thieres. Es konnte somit wohl kaum noch daran gezweifelt werden, daß das Blut der Planorbis roth ist, wie auch *v. Siebold* und *Semper* angaben. Die vollständige Identität dieses Blutroths mit dem Hämoglobin stellte ich fernerhin dadurch fest, daß ich nicht nur das Spectrum des oxydirten, sondern auch das des durch *Stokes*'sche Lösung reducirten Farbstoffes untersuchte und Letzteres ebenfalls mit dem des entsprechenden Hämoglobinkörpers der Wirbelthiere durchaus gleichbeschaffen fand. Herr Dr. *Mays* hat endlich aus dem zuvor eingedampften, und ich habe aus dem frischen Planorbisblute — Planorbis corneus stand uns zur Verfügung — wennschon wenige, so doch theilweise große und charakteristisch ausgebildete Häminkrystalle gewonnen.

1) Vergl. *Krukenberg*, Zur Verdauung bei den Krebsen. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II, S. 261—272.

verdauende Enzyme enthält, der Artcharakter großer individueller Schwankungen wegen in dieser Beziehung auch wohl nicht deutlich hervortritt, so findet man hier nur einen rothen, dort nur einen blauen und in den meisten Fällen wohl alle beide Farbstoffe im Blute der Crustaceen vergesellschaftet[1]). Möglich daher, daß auch der rothe Farbstoff des Krebsblutes, obgleich er uns eine Fähigkeit, Sauerstoff locker zu binden, durch Farbenwechsel nicht immer verrathen wird, ebenso wie das Hämocyanin am Respirationsgeschäfte betheiligt ist. Eine meiner Beobachtungen am Blute eines Pilumnus villosus, welches ganz farblos aus den Fußstümpfen hervortropfte und sich beim Schütteln mit Sauerstoff nicht blau, sondern röthlich färbte, scheint aber auch darauf hinzuweisen, daß der rothe Blutfarbstoff wenigstens einiger Kruster ein dem später zu besprechenden Hämerythrin verwandter Körper ist. Auch die durch Abschneiden der Füße aus einigen großen Julus erhaltenen, anfangs fast farblosen Bluttropfen rötheten sich sehr deutlich an der Luft.

Es wird nicht übersehen werden dürfen, wenn es gilt, den unbedingten Werth des Hämocyanins und anderer Blutfarbstoffe für das Respirationsgeschäft der Crustaceen festzustellen, daß, wie schon *Hæckel* wußte, bei einigen Flußkrebsen auch ein klares und farbloses Blut vorkommt, welches sich an der Luft weder blau, noch roth oder gelblich färbt.

---

[1]) So wird bei Maja verrucosa das aus dem lebenden Thiere beim Abschneiden der Beine erhaltene und meist röthlich erscheinende Blut durch Schütteln mit Sauerstoff tief blaugrün. Einen ähnlichen unansehnlichen Farbenton nimmt das gelbliche Blut von Portunus depurator durch die Einwirkung des Sauerstoffs an. An dem Blute von Carcinus mænas läßt sich nach diesem Verfahren für gewöhnlich ebenfalls keine reine Blaufärbung erzielen, obschon auch bei dieser Species große individuelle Verschiedenheiten auftreten.

Blutfarbstoffe der Würmer.

a) Chlorocruorin.

Im Blute von Lumbricus terrestris wies *Rollett*[1]) das Hämoglobin durch die Häminprobe und *Preyer*[2]) auf spectralanalytischem Wege nach. *Ewald*[3]) stellte aus dem Blute von Arenicola piscatorum Häminkrystalle dar, und ich untersuchte das Spectrum sowohl des sauerstoffhaltigen als des durch Schwefelammon reducirten Blutrothes von diesem Wurme und fand die Spectren mit dem des Oxyhämoglobins resp. mit dem des reducirten Hämoglobins vollkommen identisch. Außerdem wurde Hämoglobin noch in der Blutflüssigkeit bei einigen anderen Würmern (Hirudo, Eunice sanguinea, Nephelis, Glycera, Capitella, Phoronis, Polia sanguirubra) meist aber nur spectroskopisch und in manchen Fällen wohl auch nur ungenau nachgewiesen.

Sehr auffallend war für mich die dunkelgrüne Farbe, welche das Blut oder den Verdauungssaft bei einigen tubicolen Würmern (Spirographis Spallanzanii, Siphonostoma diplochaïtos, verschiedene Sabellen, Branchiomma Dalyellii etc.) auszeichnet, und dieser wendete ich um so mehr mein Interesse zu als ich bei Siphonostoma diplochaïtos die Beobachtung gemacht hatte[4]), „daß das Secret der sog. grünen Drüse bei allen von mir untersuchten (über hundert) Exemplaren intensiv grün gefärbt war, während der Vorderdarm eine intensiv chamois und

[1]) *Rollett, A.* Zur Kenntniß der Verbreitung des Hämatin. Sitzungsb. d. k. k. Acad. d. Wiss. zu Wien. 44. Bd. 1861. S. 615—630.

[2]) *Preyer, W.* Die Blutkrystalle. Jena 1871. S. 8.

[3]) Vergl. *Krukenberg*, Vergl. physiol. Studien a. d. Küsten d. Adria. I. Abth. 1880. S. 165, Anm. 2.

[4]) *Krukenberg*, Ueber die Enzymbildung in den Geweben und Gefäßen der Evertebraten. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II, S. 358.

der flüssige Inhalt desselben constant eine rosa Färbung zeigte". Schon früher hatte ich mich bemüht, den grünen in den rothen Farbstoff überzuführen, und, wie bekannt, war mir dieses durch einen Zusatz von 0,2-procentiger Salzsäure zu dem grünen Secrete nach einstündiger Digestion des Gemisches bei 40° C. auch gelungen.

Schneidet man der ihrer lederartigen Scheide beraubten Spirographis Spallanzanii den Kiemenbüschel ab, so gelingt es leicht, von dem zwar sehr langsam an den Schnittstellen hervortretenden stets dunkelgrünen Blute mehrere Tropfen zu sammeln. An diesem bemerkte ich, obgleich es mehrere Tage in einem Uhrgläschen an der Luft ruhig stehen blieb, keine Farbenveränderung. Schließlich trocknete es zu einem grünen Kuchen aus. Theils wegen Mangel an Material, theils auch deshalb, weil ich hier keinen durch Sauerstoffaufnahme und Sauerstoffverbrauch bedingten Farbenwechsel zu finden hoffte, habe ich das grüne Blut der tubicolen Würmer nicht weiter untersucht. Ich möchte aber besonders auf den Farbstoffträger dieses Blutes die Aufmerksamkeit der späteren Untersucher lenken, und das wird kaum besser geschehen können, als wenn ich hier das, was *Ray Lankester*[1]) darüber berichtet, zusammenfasse.

Das grüne Blut der Sabella ventilabrum[2]) besitzt ein charakteristisches Absorptionsspectrum (Fig. 7. 1), welches nach

---

[1]) *Ray Lankester, E.* a. a. O. S. 114—116. Ueber den Einfluß des Cyangases auf Hämoglobin nach spectrosk. Beobachtungen. Arch. f. d. ges. Physiologie. Bd. II. 1869. S. 493 und Abstract of a report on the spectroscopic examination of certain animal substances. Journ. of anat. and physiol. Vol. IV. 1870. S. 119—129.

[2]) Das von *Ray Lankester* gezeichnete (Journ. of anat. and physiol. Vol. II. S. 115) Spectrum des grünen Blutes der Siphonostoma scheint völlig dem zu gleichen, welches ich (Vergl. physiol. Studien etc. II. Abth. Taf. II. No. 5) von dem Darmsafte der Spirographis Spallanzanii entworfen habe. Aus *Ray Lankester*'s späterer Mittheilung dürfte aber vielleicht zu schließen sein, daß er das zweite Band im Spectrum des Siphonostomablutes früher nur übersehen zu haben glaubt.

Ray Lankester einem Farbstoffe angehört, den er Chlorocruorin nennt. Auf Zusatz von Reductionsmitteln (Schwefelammonium, *Stokes*'sche Lösung) rücken die beiden Bänder zu Einem zusammen, das ziemlich die Stelle des dem rothen Ende genäherten dunkleren Bandes einnimmt, aber schwächer als dieses ist (Fig. 7, 2). Das Chlorocruorin ist dadurch in Erythrocruorin übergeführt.

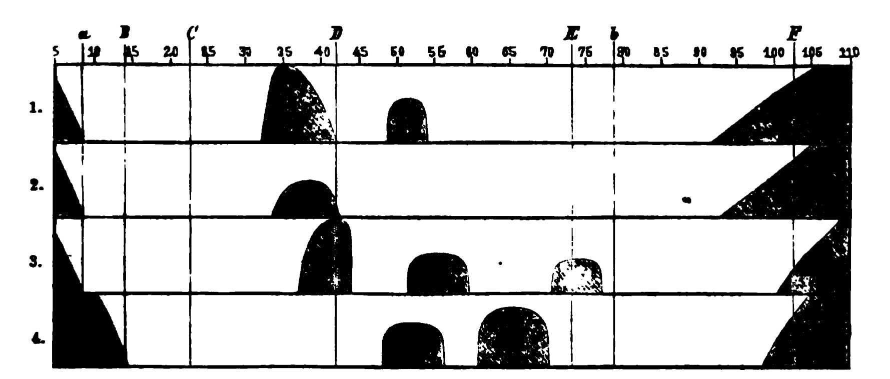


Fig. 7. Absorptionsspectren des Chlorocruorins, seiner Zersetzungsproducte und des Cyanwasserstoffhämoglobins (zusammengestellt nach den Abbildungen von *Ray Lankester* und *Preyer*)[1]. 1. Grünes Blut von Sabella ventilabrum, welches die beiden Bänder des Oxychlorocruorins zeigt. 2. Dasselbe nach Zusatz von reducirender Eisenlösung. 3. Das grüne Blut der Sabella, schwach erwärmt mit Cyankalium und einer kleinen Menge von Schwefelammonium. Auf der linken Seite erkennt man das vorübergehend auftretende schwache Band, das bei Zusatz von Schwefelammon entsteht. Dieses Band erscheint ohne vorhergehenden Zusatz von Cyankalium, wenn ein Ueberschuß des Sulphits genommen wird. Auf der rechten Seite stehen die beiden Bänder des Cyanosulphäms, welche anfangs schwach erscheinen. 4. Cyanwasserstoffhämoglobin (?). Erhalten durch Vermischen einer sauerstofffreien Cyankaliumlösung mit sauerstofffreier Hämoglobinlösung unter Luftabschluß bei Körpertemperatur.

Beim Schütteln des Blutes mit Luft kehren die beiden Bänder des Chlorocruorins zurück. Derivate des Chlorocruorins, die durch

---

[1]) Auf der Spectraltafel von *Ray Lankester* sind die *Fraunhofer*'schen Linien *B* und *C* mit Fragezeichen versehen, doch zweifelsohne nur die Linie *a* fehlerhaft als *A* gedeutet. Dieses Versehen habe ich mir an meiner hier davon gegebenen Copie zu berichtigen erlaubt. Diese meinen früheren Ausführungen angepaßten Zeichnungen der Spectren können schon ihrer Kleinheit wegen die Originale nicht ersetzen, auf welche, bei Verfolgung anderer Gesichtspunkte als die unserigen sind, verwiesen werden muß.

Kamphers auf Beroë wenigstens eine Vorstellung zu geben. Verwerthbares Material für das Verständniß des Schwingplättchenmechanismus ist durch diese Versuche nicht geliefert. Die Resultate meiner an Chiaja mit Atropin, Helleboreïn und Kampher versuchten Vergiftungen entsprechen den an Beroë gewonnenen und bleiben für unsern Zweck ebenso fruchtlos.

Durch die Ergebnisse unserer Vergiftungsversuche, durch die mehr vergleichende Behandlung ein und desselben Gegenstandes bei unzweifelhaft nahestehenden Formen, welche sich mehr durch den Grad der Consistenz ihrer Körpermasse als durch ihre Organisation unterscheiden, sind wir dem Verständnisse des Apparates, durch den die Ruderplättchen bei Beroë in Bewegung gesetzt werden, durch den ihre Schlagfolge geregelt wird, entschieden näher gerückt als durch die Resultate unserer einfachen Durchschneidungs- und Reizversuche; die Letzteren haben bereits im Früheren ihre Erledigung gefunden; es erübrigt jetzt, den Bestand unseres gegenwärtigen Erfahrungsschatzes festzustellen und aus ihm ein Resumé zu geben.

Wir wissen von Beroë, daß

1. in Curare-, Strychnin- und in vielen andern Giftlösungen die Bewegung ihrer Schwingplättchen momentan aufhört und in den Giftlösungen nie wieder beginnt;

2. beim Einsetzen in die erwähnten Giftlösungen die Ruderplättchen in die Tiefe rücken;

3. nach ausgeführter Quertheilung die Bewegung der Ruderplättchen viel länger an den des Afterpols entbehrenden Theilstücken des Beroëkörpers stockt als an denen, welchen letzterer erhalten blieb;

4. sich an Afterpol-führenden Enden die Schwingplättchen wie am normalen Thiere bewegen.

Dagegen fanden wir, abweichend von dem Verhalten der Beroë, bei Chiaja

1. eine große Immunität ihres Ruderschlages nicht nur gegen Strychnin, sondern auch gegen Curare;

2. daß durch kein in Anwendung gebrachtes Gift eine leistenartige Ueberwallung der Ruderplättchen seitens der angrenzenden Hautpartien in einer an den Beroëplättchen beobachteten analogen Weise hervorzubringen war, und

3. daß der Ruderschlag an allen Theilstücken seinen völlig normalen Charakter, gleich von der Zeit ihrer Abtrennung an, bewahrt.

Ist es wahrscheinlich, daß sich Chiaja dem Curare, dem Strychnin gegenüber, in der Anordnung des ganzen Nervensystems — kurz physiologisch und organisatorisch völlig verschieden von Beroë verhält? Werden diese Abweichungen nicht dadurch leicht verständlich, daß wir selbst unter den Wirbelthieren den einen Repräsentanten einer Vergiftung (z. B. der durch Strychnin) viel besser widerstehen sehen als einen andern? Ich antworte darauf, daß Letzteres immerhin Ausnahmen sind, die gesucht sein wollen, und daß so auffällige und mehrfache Differenzen, wie wir ihnen scheinbar bei diesen beiden nahe verwandten Arten begegnen, unter den höheren Cölenteratenformen kaum verwirklicht sind. Eine einheitliche Ursache von mehr untergeordneter biologischer Bedeutung als irgend eine, die uns ein verschiedenes Verhalten völlig analoger Gewebe gegen Curare und Strychnin verständlich machen könnte, muß diesen Verschiedenheiten zu Grunde liegen, und worin ich diese gegeben finde, soll das Folgende lehren.

Nur eine am Schwimmplättchenapparate der Beroë angebrachte, gleichsam als Sperrhaken wirkende Complication wird am Schwingplättchenapparate der Chiaja fehlen, — und deren Abwesenheit bei Chiaja erklärt sich aus der durchgängig weichen Körperbeschaffenheit dieses Ctenophoren. Der beständige Schlag

ihrer Ruderplättchen ist ein rein automatischer Vorgang, vermittelt durch Elemente von functionell ganglionärem und contractilem Werthe — beides histologisch untrennbar oder histologisch zu unterscheiden, wir wissen es nicht.

Diese Automatie der Schwingplättchenbewegung existirt für mich auch bei Beroë. Die gewissermaßen starren Gewebsleisten beiderseits der Kammreihen werden durch den Tonus contractiler Gebilde (— vorausgesetzt die Uebereinstimmung der Curarewirkung an Beroë, Aequorea, Sagartia etc. — vielleicht den quergestreiften Muskeln analoger Gewebe) in der Regel verhindert, die Kanten der Schwingplättchen zu überdecken und so deren Bewegungen unmöglich zu machen. Aber die ganglionären Herde, von denen aus dieser Muskeltonus unterhalten wird, sind nicht dem Willen des Thieres entzogen. Sie stehen mit Hemmungsfasern im Zusammenhange, deren Ursprungsstelle in den Ganglien am Afterpole zu suchen ist[1]). Ihre Erregung hebt den Muskel-

[1]) Hier scheint mir der geeignete Ort zu sein, meine Erklärung der Strychninwirkung an Beroë folgen zu lassen. Ich halte mich dabei an den durch Fig. 2 versinnlichten complicirtesten Versuch.

Zuerst sahen wir, als die mundführende Hälfte in die Strychninlösung gebracht wurde, einen Stillstand der Schwingplättchen an dem oralen wie analen Ende zu Stande kommen. An letzterem bewegten sich die Ruderchen an den durchtrennten Kammreihen selbst früher wieder als an denen, die in ihrer ganzen Länge erhalten geblieben waren. Diese Erscheinung deutet darauf hin, daß zuerst das Strychnin die Ganglien am Afterpole in einen Reizzustand versetzt, daß, wie ich oben weiter auseinanderzusetzen haben werde, wir in diesem Falle an den, mit dem Afterpole in anatomischem Zusammenhang gebliebenen Schwingplättchen des unvergiftet gelassenen oralen Endes denselben Effect vor uns haben, der an ihnen eintritt, wenn wir die Rippen durchschneiden. Aber dieser durch das Strychnin direct oder indirect bewirkte Reizzustand der ganglionären Elemente am Afterpol ist kein dauernder, ihm folgt eine Lähmung. Hat diese sich in hinreichender Stärke ausgebildet, so erscheint der normale Tonus der Muskeln (bei deren Erschlaffung die Schwingplättchen in die Tiefe rückten und in Folge dessen ihre Thätigkeit einstellten) wieder, die Ruderchen werden von der

tonus auf und bringt in nicht mißzuverstehender Weise die Schwingplättchen zum Stillstande. Diese Verhältnisse erhalten in Fig. 3 ihren Ausdruck.

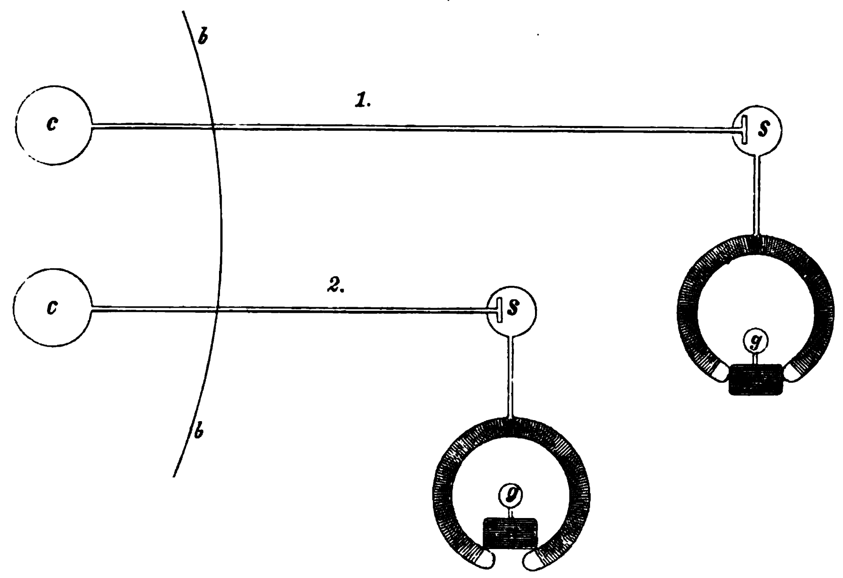


Fig. 3. Schematische Darstellung des Schlagwerkes der Schwingplättchen bei Beroë ovatus. *1.* Schwingplättchen frei hervortretend. *2.* Schwingplättchen eingeschlagen.

Ich habe in Fig. 3 bei *a* und *a* zwei Ruderplättchen schematisirt, welche zu zwei verschiedenen Kammreihen gehören. Der über ihnen gezeichnete kleine Kreis *g* stellt ihr automatisches Erregungscentrum dar. Beides halbkreisförmig umscheidend — weil so am einfachsten zum Ausdruck zu bringen —, liegt die Hautmuskulatur *m*, reactionsfähig auf die ihr vom Ganglion *s* beständig zugehenden Impulse, welche ihrerseits durch die von den Ganglien des Afterpols *c* ausgehenden Reize willkürlich ausge-

sie bis dahin leistenartig befestigenden Gewebsmasse entlastet und beginnen ihr Spiel oft mit alter Regelmäßigkeit wieder.

Ganz dieselbe Deutung gebe ich den entsprechenden Ergebnissen meiner Vergiftungsversuche mit Veratrin.

schaltet werden können. Die Linie *b* versinnlicht den Zustand, welchen wir an Beroë schaffen, wenn wir sie des Afterpolendes berauben. Man müßte dem Schema gemäß genau den entgegengesetzten Effect von diesem Eingriff erwarten, der bekanntermaßen darnach eintritt; denn nicht eine Contraction der Muskeln, sondern eine Expansion derselben und demgemäß ein in die Tiefe Rücken der Ruderplättchen ist die Folge dieser Operation. Nun ist aber zu bedenken — und für die Richtigkeit dieser Deutung der Thatsachen spricht die große zeitliche Verschiedenheit im Wiederbeginn des Ruderschlages bei den einzelnen Versuchen und die Unbeständigkeit der Bewegungen an den Schwingplättchen, wenn diese einmal wieder begonnen haben: derartige Schwankungen entstehen bei keinem reinen Versuche; sie bezeugen, daß hier Nebenumstände im Spiele sind, die der Experimentator bei der Ausführung der Operation selbst geschaffen, die er aber nicht zu übersehen und abzuschätzen versteht — es ist zu bedenken, sage ich, daß auch beim Chamäleon, ja vielleicht sogar bei dem höchst organisirten Wirbelthiere, bei dem Menschen, die auf nervösen Bahnen zugeleiteten Impulse noch lange die peripheren Theile zu beeinflussen fortfahren, wenn die ganglionären Herde, von denen der Anstoß ausging, durch den operativen Eingriff mit den peripherischen Organen längst außer Verbindung gesetzt sind. Mögen es nun an der durch die Operation bloßgelegten Stelle die Leitungsbahn[1]) bei der Berührung mit dem äußeren

[1]) Aus der Beobachtung *Eimer*'s (a. a. O., S. 290), daß, „wenn an einer Beroë einige Centimeter unterhalb des Afterpols ein Zirkelschnitt um den Körperumfang gemacht, dann so lange gewartet wird, bis die Flimmerung in den aboralen wie in den oralen Radienabschnitten wieder normal lebhaft ist (ohne jedoch zwischen beiden vollkommen continuirlich zu sein, und jetzt das Thier in dem vorhin um dasselbe herumgeführten Zirkelschnitte durch Vertiefung dieses Schnittes vollkommen in zwei Theile getrennt wird, die Bewegung in beiden Theilen (selbst unmittelbar nach der

Medium immerfort von Neuem treffende Reize sein, die den unter normalen Bedingungen nur von den Ganglien am Afterpole zeitweilig bewirkten Hemmungszustand unterhalten, oder mag der von diesen bei der Operation auf die peripheren Ganglien ausgeübte Impuls durch die Nervenleitung fixirt werden, — jedenfalls müssen wir, wie ich glaube, die Erklärung dafür, daß die Schwingplättchenbewegung mehr oder weniger lange nach der Entfernung des Afterpolendes ganz oder theilweise an den Kammreihen aussetzt oder unregelmäßig wird, in einer Reizung von Hemmungsfasern suchen.

Ohne Zuhülfenahme der bislang ohne jede Analogie gebliebenen Vorstellung, daß sich innerhalb fünf Minuten — denn dieses war die Zeit, in welcher ich zwar nur in wenigen Fällen die Schwingplättchen an einzelnen Rippen der Mundhälfte sich wieder bewegen sah — in dem Beroëkörper ganglionäre Ersatzcentren für verloren gegangene Theile ausbilden sollen, glaube ich so dem bislang sicher Beobachteten, — was zwar wenig, aber an sich des Merkwürdigen genug ist, — einen schematischen Ausdruck gegeben und dadurch für weitere Untersuchungen vorbereitet und spruchreif gemacht zu haben.

Weit davon entfernt, zu glauben, daß schon jetzt das Richtige von mir nur annähernd getroffen ist, haben mich meine Untersuchungen hinreichend überzeugt, daß sich das von mir aufgestellte Schema im Laufe der Zeit nicht vereinfachen, sondern noch viel complicirter gestalten wird. Manches deutet z. B. schon jetzt darauf hin, daß die automatischen Centren, welche die Ruderplättchen befähigen, sich beständig bewegen zu können, weiterhin von Hemmungsapparaten beeinflußt werden. Ueberall, wo die Detailforschung anfing intensiver zu werden, wo wir uns mit bis-

---

vollständigen Trennung) ebenso fortdauert, wie sie vor derselben stattfand" — folgt, daß die nervösen Stränge bei Beroë der Oberfläche genähert verlaufen.

lang weniger gebräuchlichen Mitteln dem Verständnisse der Lebensvorgänge zu nähern versuchten, stießen wir selbst bei den einfachst erscheinenden Wesen auf functionelle Complicationen, zu deren Erklärung die heutige Kenntniß der wunderbaren Einrichtungen höchst organisirter Formen nicht mehr genügte.

Die wechselvollen Lebensäußerungen, welche wir an den kleinsten Organismen bemerken — in der Rhythmik ihrer Flimmerung, der Verstärkung derselben auf dieser, ihrem Nachlassen auf jener Seite, in dem rhythmischen Wechsel der Füllung ihrer contractilen Bläschen, in ihrer geregelten Stoffaufnahme, ihrem Stoffansatz und Stoffverbrauch, in der Fülle sichtlich verschiedener Stoffwechselproducte — lassen uns vielleicht nur entfernt ahnen, was hier an einem harmonischen Zusammenwirken unzähliger Processe, beschränkt auf den kleinsten Raum, geleistet wird. Erscheint uns bei ihnen die formelle Differenzirung auch noch so gering, so werden gerade dadurch diese Wesen für uns nur zu einem um so größeren biologischen Räthsel; ganz besonders, wenn wir bei ihnen Lebensäußerungen begegnen, welche wir sonst in der lebendigen Welt sich nur an Apparaten von höchst complicirter Construction vollziehen sehen, und bei ihnen Processe antreffen, die ohne das geregelte Zusammenwirken sehr verschiedenartiger Factoren uns gegenwärtig unbegreifbar bleiben müssen. Wer möchte sich erkühnen, zu behaupten, daß selbst da, wo die feinsten Methoden uns nur Gleichartiges verrathen, daß da, wo für unsere Geschmacksnerven kaum wahrnehmbare Chininmengen die gesammte Protoplasmamasse des Infusorienleibes in ein opakes Eiweißkörnchen verwandeln, der Stoffumsatz nach Einer chemischen Formel verläuft, das lebende Protoplasma ein chemisch reiner Körper ist, nur erregt und getrieben von den elementaren Substanzen und den festgefügten Verbindungen der Außenwelt!

Ueber die Mechanik des Farbenwechsels bei Chamæleon vulgaris, *Cuv.*

Während das Chromatophorenspiel bei den Cephalopoden in dem letzten Jahrzehnt mehrfach bearbeitet wurde, und sein Mechanismus bis auf das Contractionsvermögen des Pigmentkörpers jetzt sicher ergründet sein dürfte, so erfreute sich der nicht weniger auffällige Farbenwandel bei den Chamäleonen in den letzten zwanzig Jahren kaum mehr einer allgemeineren Beachtung. Aus der Form, in welche die Ergebnisse der Forschung über den Farbenwechsel des Chamäleons in den neuesten biologischen Lehrbüchern gekleidet sind, ließe sich sogar entnehmen, daß dieser Gegenstand seit *Brücke*'s bahnbrechender Arbeit gar keinen Forscher mehr angezogen habe. Aber wie durch die histologischen Untersuchungen von *Harting* und *Conrad Keller* einst die Frage nach der Mechanik des Chromatophorenspieles bei den Cephalopoden auf eine wesentlich andere, wie sich zeigte, zwar auf eine falsche Bahn gelenkt wurde, so ist auch durch *P. Bert*'s Experimente der frühere Stand unserer Kenntnisse von der analogen Erscheinung bei den Chamäleonen weiterhin sehr verändert, ja es würde durch *Bert*'s Arbeit — vorausgesetzt die Richtigkeit seiner Versuche und seiner Schlüsse — auch das Zustandekommen der Farbenveränderung am Chamäleon unserem Verständnisse jetzt sehr nahe gerückt sein.

Als es mir geglückt war, durch Combinationsvergiftungen neue Anhaltspunkte für die Richtigkeit von Schlüssen, welche frühere Forscher aus Reizversuchen und mikroskopischen Befunden

für Eledone abgeleitet hatten, zu liefern und die Gegenwart zwar noch nicht gesehener Ganglien in unmittelbarer Nähe der Radiärfasern für diese Cephalopodenspecies experimentell zu beweisen, da mußte mir daran gelegen sein, mittelst dieser an Eledone erprobten Methode auch die Klarlegung des Mechanismus des Farbenwechsels beim Chamäleon anzustreben. Da aber eine größere Anzahl von Thieren, als sie den früheren Untersuchern zu Gebote gestanden hatte, erforderlich war, um die Fragen, welche sich uns besonders bei der Erforschung des Chromatophorenspieles der Cephalopoden aufgedrängt hatten, für die äußerlich so verwandte Erscheinung an der Chamäleonenhaut auf meine Weise der Entscheidung näher zu führen, begab ich mich, damit die Ausführung meines Vorhabens aus Mangel an Thieren keinen Aufschub erfuhr; in die Heimath der Chamäleonen, an die nordafrikanische Küste. So entstand diese Arbeit in der ersten Hälfte des April und im Anfang Mai d. J. zu Tunis.

Vergleicht man die unzweideutigen Wirkungen, welche sich durch verschiedene Gifte an abgetrennten Hautstücken von Eledone zu erkennen geben, und welche nicht anders erfolgen, wenn man einen größeren Körpertheil des Thieres oder die unversehrte lebende Eledone vergiftet, mit den — die Kampherwirkung allein ausgenommen — rein negativen Ergebnissen, welche die entsprechenden Versuche an Pleuronectiden zur Folge hatten, dann wird es noch dringender geboten erscheinen, das Verwandte in das Bereich der Untersuchung zu ziehen und nach vermittelnden Gliedern zwischen beiden unter sich so abweichenden Mechanismen zu suchen. *Brücke*'s Belichtungs-, *Bert*'s Durchschneidungs- und Reizversuche an der Chamäleonenhaut, *v. Wittich*'s und *Lothar Meyer*'s entsprechende Beobachtungen an Fröschen ließen erwarten, daß im Farbenwechselapparate des Chamäleons das gewünschte Uebergangsglied gegeben sei, daß hier zwar periphere Ganglien wie in der Cephalopodencutis existiren, aber daneben nur form-

veränderliche, unter Nerveneinfluß stehende Pigmentzellen, welche nicht durch Muskelringe zur Contraction oder durch radiär angeordnete Muskelstreifen zur Dilatation gebracht werden, sondern wie die freilebenden Protoplasmamassen ihre Form auch selbständig verändern können. Es wird sich aus dem Folgenden ergeben, in wie weit diese Vermuthung das Richtige getroffen hat, und in wie weit es mir gelungen ist, das Verständniß des seltsamen Farbenapparates in der Chamäleonenhaut zu fördern.

Ich gruppire das mir aus der Literatur und durch meine eigenen Untersuchungen bekannt gewordene in der Art, daß ich — ebenso, wie ich es früher gethan habe — die Erörterung der an den peripheren Theilen geschaffenen Veränderungen auf die der Vergiftungserscheinungen an den centralwärts gelegeneren folgen lasse. Wie in meiner Arbeit über den Mechanismus des Chromatophorenspieles bei Eledone moschata werde ich auch hier nur die Wirkungen derjenigen Gifte eingehender und im Zusammenhange besprechen, deren Deutung mir sicher genug erscheint, um darauf weiterbauen zu können; die durch manche Stoffe hervorgerufenen complicirten Vergiftungsbilder, die mir unverständlich gebliebenen Wirkungsweisen einiger Substanzen, die weniger prägnant hervortretenden und die unsicheren Versuchsresultate sollen dagegen in Kürze erst am Schlusse der Abhandlung besprochen werden.

Viele Gifte manifestiren ihre Wirkung bei Chamäleon an anderen Apparaten als bei Eledone. Es wird deshalb eine eventuell bestehende Uebereinstimmung zwischen den Farbenapparaten beider Thiere in der Uebereinstimmung der durch ein und dasselbe Gift an beiden Thierarten hervorgerufenen Effecte nicht nothwendig ihren Ausdruck finden. Nur auf Umwegen, unter Berücksichtigung anderer Factoren, indem wir jedes Vergiftungsbild gleichsam analysiren, wird es uns so wenigstens in einigen Fällen gelingen, das Gemeinsame der Erscheinungen bei beiden Thieren herauszu-

lesen und offenbare Verschiedenheiten zwischen den Farbenapparaten beider morphologisch sehr verschiedenen Wesen aufzudecken.

I. Das Erregungscentrum im Gehirn und Rückenmark.

Eine der wichtigsten, schon lange bekannten, aber vielleicht nicht genügend gewürdigten Thatsachen ist die, daß die schlafenden Chamäleonen hell gefärbt sind, daß, wie ich hervorheben muß, dieses ausnahmslos der Fall ist. Selten erhalten sich am schlafenden Thiere wohl auch einige dunkele Strichelchen oder Flecke und am Schwanze einige schwarze Ringe; aber diese local sehr beschränkte Dunkelfärbung dürfte um so weniger von Bedeutung sein, als in solchen Fällen der Schlaf kein tiefer zu sein scheint, wohl auch psychische Erregungen (Traumbilder) hier complicirend eingreifen werden. Von meinen 40—50 Exemplaren, welche ich zur Nachtzeit beobachtete, zeigte keines im Schlafe eine so dunkle Farbe, wie sie das Chamäleon auf Tafel III des *van der Hœven*'schen Werkes[1]) auszeichnet, und nie beobachtete ich an wirklich schlafenden Thieren eine auffälligere Verdunkelung der Haut, wenn ich mich ihnen in der Nacht mit zwei brennenden Stearinkerzen näherte. Aus diesen Beobachtungen schließe ich, daß wenn das Chamäleon in Unthätigkeit und Ruhe verharrt, wenn keine Gefühle von Angst oder Zorn es quälen, seine Oberflächenfärbung eine helle ist, daß die psychischen Effecte auf dieselbe einen weit bedeutenderen Einfluß ausüben als der Unterschied von Hell und Dunkel. Es ist wiederholt behauptet, daß das Licht einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Farbe der Chamäleonenhaut besitze; dieser Einfluß ist aber meines Erachtens ein

---

[1]) *J. van der Hœven*, Icones ad illustrandas coloris mutationes in chamæleonte. Lugduni Batavorum. 1831. Die tiefe Schwarzfärbung, welche die Chamäleonen häufig annehmen, ist, wie schon *Brücke* (Denkschr. d. Wiener Acad. a. a. O., S. 190) hervorhob, auf keiner Tafel zum Ausdruck gebracht.

sehr geringer und tritt im Leben gegen den spontanen Wechsel der Hautfarbe ganz zurück. Exponirte ich den Käfig, in welchem sich mehrere Male 5—6 Chamäleonen befanden, den directen Sonnenstrahlen, so fand ich, wenn ich nach einiger Zeit zurückkehrte, einen Theil der Thiere vollständig schwarz, andere grün oder gelb. Es fiel mir bei diesen Versuchen auf, daß es vorwiegend die kleineren Thiere waren, welche sich am Lichte tiefschwarz färbten, während die größeren meist heller blieben; aber auch bei diesen traten zeitweise dunkelere, bei jenen zeitweise hellere Tinten auf, war es, daß die Thiere mit anderen gemeinschaftlich in einem Käfig untergebracht, oder daß sie von den übrigen getrennt waren.

So sehr ich darauf achtete, konnte ich ferner nicht bemerken, daß der Umschlag aus dunkeleren in hellere Töne längerer Zeit bedurfte als die Schwarzfärbung der gelben Hautdecke und umgekehrt; ich muß mich deshalb dafür entscheiden, daß das Chamäleon ebenso rasch die hellsten wie die dunkelsten Tinten anzunehmen im Stande ist.

Klemensiewicz hat zuerst an einem Cephalopoden die wichtigen Versuche ausgeführt, welche darin bestanden, daß er am bloßgelegten Centralorgane die nach Durchschneidung und Reizung einzelner Hirntheile eintretenden Veränderungen an der Oberflächenfärbung genau ermittelte. Er fand, daß sich bei Eledone die Chromatophoren von bestimmten Partien der Ganglia optica und der Pedunculi sowie von dem mittleren und oberen Theile der Commissura optica aus isolirt erregen lassen. Durchschnitt ich am bloßgelegten Gehirne eines Chamäleons die Augenstiele, so trat bald eine Hellfärbung ein, welche der bei schlafenden Thieren an Stärke durchaus glich. Reizte ich umgekehrt an so operirten Chamäleonen durch einen schwachen electrischen Strom die centralen Stümpfe der Augenstiele, so trat bald — anfangs an einzelnen Körperpartien, später meist auch ein totales Dunkel-

werden der Haut ein, welches beim Aufhören der Reizung einem Abblassen Platz machte. Denselben Effect bemerkte ich, als ich dem unbeschädigten, muntern Thiere einen sehr schwachen electrischen Strom durch die Augen schickte.

Der Einwirkung von Hell und Dunkel auf die Färbung der Chamäleonenhaut waren besonders die letzten Arbeiten, welche in den funfziger Jahren erschienen, gewidmet. Als durch die Beobachtungen von *Milne-Edwards*, *Brücke* und *Thuret* (Ann. of nat. hist. Ser. II. T. XII, p. 292 und Proc. Zool. Soc. 1851. p. 203) die Meinung, daß das Chamäleon die Farbe seiner Umgebung annehme, beseitigt war, und sich auch die älteren Auffassungen, welche den Grund des Farbenwechsels in dem Aufblähen, in pathologischen Verhältnissen etc. suchten, als unrichtig herausgestellt hatten, trat die Frage nach dem Einflusse des Lichtes mehr und mehr in den Vordergrund. Durch *Peiresc*, *Vrolik*, *Spittal*, besonders aber durch *Brücke*'s sorgfältige Untersuchungen erfuhren wir, daß sich in der That eine Wirkung des Lichtes am lebenden Thier, nicht aber an abgetrennten Hautstücken desselben bemerkbar macht, daß lediglich das Licht und nicht die Wärme das verursachende Moment ist. Wenn aber *Brücke* meint, daß unter den Einflüssen, welche das Chamäleon dunkel färben, das Licht oben anstehe, so glaube ich die Versuchsergebnisse, welche diesen Ausspruch zu bekräftigen scheinen, auch anders deuten zu können.

Es sind zur Erledigung der Frage nach dem Lichteinfluß zwei verschiedene Versuchsanordnungen getroffen, deren Resultate immer zusammengefaßt sind, während sie, wie ich glaube, nothwendig auseinandergehalten werden müssen. Man hat nämlich 1. die Thiere abwechselnd im Lichte und im Dunkeln gehalten und so den Erfolg der Belichtung festzustellen versucht; 2. hat man aber einzelne Körpertheile des lebenden oder frisch getödteten Thieres durch aufgelegte Metallstreifen etc. dunkel gehalten, während andere Partien dem Sonnenlichte exponirt blieben.

Die Versuchsreihen ersterer Art ergaben, daß die Chamäleonen in der Dunkelheit blaß und hellfärbig werden, und daß ihre Haut am Lichte wie Chlorsilber dunkelt. Aber schon *Brücke* bemerkt, „daß man von letzterer Vorstellung bald wieder zurückkommt, wenn man, wie dies nicht selten geschieht (namentlich wenn sie sich lebhaft bewegen oder bewegt haben, vom Fressen oder von einer ihrer häufigen und höchst possirlichen Raufereien zurückkehren etc.) die Thierchen einmal ziemlich hellfarbig im vollen Sonnenlichte umherspazieren sieht". Ist in solchen Fällen auch die Farbe nicht so blaß wie an den schlafenden Dunkelthieren, so ist der Unterschied in der Hautfärbung verschiedener Thiere — wie ich oft zu beobachten Gelegenheit hatte — häufig stundenlang so intensiv, daß jeder, der von dem Farbenwandel keine Kunde erhielt, die hellen und dunkeln Thiere für verschiedene Species halten muß; ja selbst in der Naturkunde wohl bewanderte Männer, denen der Farbenwechsel der Chamäleonen nicht unbekannt war, zauderten anfangs, ob sie hier wirklich ein und dieselbe Art vor sich hatten. Berücksichtigen wir andererseits, daß wir auch ohne irgend bedeutungsvolle Eingriffe den Dunkelthieren eine tiefschwarze Färbung ertheilen können, und daß, wie sich aus dem Folgenden zur Genüge ergeben wird, die durch die verschiedensten Gifte hervorgerufenen Erscheinungen in gleicher Weise eintreten, ob wir die Thiere am Lichte lassen oder in's Dunkele bringen — so haben wir uns vorerst nach bedeutungsvolleren Factoren für das Zustandekommen des Farbenwechsels bei dem Chamäleon umzusehen, als sie im Wechsel der Belichtung direct gegeben sind. Schon *Brücke*'s Bemerkung, daß die Chamäleonen im Hellen erregt und munter, in der Dämmerung oder in einem schlecht beleuchteten Zimmer aber träge und schläfrig sind, liefert, wie ich glaube, den Schlüssel für die richtige Deutung der meisten Beobachtungen, welche über die Lichtwirkung gesammelt sind. Ich bin durch meine

Untersuchungen entschieden zu der Ansicht gelangt, daß bei gewissen Gemüthseffecten (weniger vom Lichte beeinflußt) die Chamäleonen im Allgemeinen dunkeln, daß das Erlöschen derselben im normalen Schlafe sie erblassen macht.

Liegt es uns daran, die Mechanik auch dieses Farbenapparates verstehen zu lernen, dann wird es unsere erste Aufgabe sein, Experimente ausfindig zu machen, welche durch unbedeutende Momente — wofür ich z. B. die verschiedenen Helligkeitsgrade halten muß — nicht beeinträchtigt werden und Mittel aufzufinden, welche der Oberfläche des Chamäleons ein ganz bestimmtes Colorit verleihen, gleichgültig ob wir sie bei starker Beleuchtung oder in tiefer Dunkelheit bei den Chamäleonen in Anwendung bringen. Jeder bindende Versuch muß stets zu demselben Resultate führen, einerlei, ob wir an dunkelen oder blassen Thieren experimentiren, d. h. durch ein und denselben experimentellen Eingriff muß die Haut immer ein und dieselbe Farbe annehmen: das schwarze Thier muß, wenn sich die Farbe am Thiere bei dem entsprechenden Versuche erhält, hell werden und umgekehrt. Eine große Menge von Mischfarben vermitteln, wie es nach *Brücke*'s Arbeit nicht mehr wunderbar sein kann, die beiden Extreme in der Färbung. Der Innervation der einzelnen Theile und Verhältnissen, individuellen Schwankungen kaum entzogen, wird es hauptsächlich zuzuschreiben sein, daß wir am Chamäleon eine Fülle von Farbennuancen auftreten sehen, deren Hauptrepräsentanten *van der Hœven* so sinnig auszuwählen, wie naturgetreu wiederzugeben verstand, und *Brücke* physikalisch uns erklärte. Auch durch diese wechselvollen Bilder werden wir uns nicht beirren lassen dürfen.

Am sichersten entgehen wir den großen Schwierigkeiten, welche sich uns bei der Erforschung der Mechanik des Chamäleonenfarbspieles darbieten, wenn wir nur darauf achten, ob an dem Versuchsthiere ein Umschlag der Farbe in's Helle oder

Dunkele eintritt, ob, wie wir seit *Brücke*'s Arbeit sagen können, das schwarze Pigment der Cutis in die Tiefe rückt oder sich an der Oberfläche ausbreitet. Wie wir das Verschwinden und Erscheinen des braunen Farbstoffträgers bei Eledone moschata als sichern Indicator bei der Erforschung der Vorgänge, welche unsichtbar an den inneren Theilen verlaufen, benutzten, so muß uns auch das Abblassen und die Schwärzung der Haut bei den Chamäleonen allein die gewünschte „Auskunft über den Zustand ihres Centralnervensystems" geben können. Bevor ich aber zur Darstellung und Interpretation derjenigen Versuche, welche uns eine annähernd richtige, wennschon keine erschöpfende Anschauung von dem Farbenapparate bei den Chamäleonen zu geben vermögen, übergehe, sei es mir erlaubt, noch kurz meine Ansicht über den Werth der Untersuchungen zu äußern, welche von früheren Experimentatoren über den Lichteinfluß auf die Chamäleonenhaut in der Weise ausgeführt wurden, daß man an Einem Thiere einzelne Körpertheile belichtete, andere dagegen dunkel hielt. Man glaubte anscheinend mit vollem Rechte, so eine Methode in Anwendung gebracht zu haben, welche durch den Vortheil des Vergleiches nichts zu wünschen übrig ließ. Nach meinen in dieser Richtung unternommenen Versuchen, bei welchen ich leinene Binden verschiedenen Theilen (Hals, Bauch- und Schenkelgegend) des belichteten Thieres anlegte, hege ich keinen Zweifel, daß es so gelingt, an den bedeckten Hautstellen denselben Effect zu erzielen, welchen man an Dunkelthieren beobachtet. Nachdem uns aber jüngst die so bedeutungsvollen Ergebnisse der Arbeiten von *Burq*, *Charcot*, *Westphal*, *Rumpf*, *Schiff* u. A., welche *Rumpf*[1]) so glücklich zu ordnen und so an-

---

[1]) *Rumpf, Th.*, Ueber den Transfert. Aus der Berliner klinischen Wochenschrift. 1879. No. 36.

Rumpf, Th., Ueber Metalloscopie, Metallotherapie u. Transfert. A. d. Memorabilien, Monatshefte f. rationelle practische Aerzte. 1879. Heft 9.

ziehend zu schildern vermochte, gelehrt haben, welche merkwürdigen Wirkungen sich durch das bloße Auflegen verschiedener Körper auf Hautflächen am lebendigen Organismus hervorbringen lassen, werden wir auch in diesen Fällen das Resultat eines vielleicht sehr complicirten Vorganges vor uns haben, welches das Verständniß des Farbenspieles schwerlich zu fördern geeignet ist — jedenfalls nicht mit dem Ergebnisse der erörterten ersten Versuchsreihe ohne Weiteres verglichen werden kann.

Wer sich mit der Beobachtung des lebenden Thieres begnügen und herausfinden würde, daß es durch Vorgänge, welche

---

Ich nehme Veranlassung, auf andere Erscheinungen, welche gleichfalls der Ausdruck des Bestehens von „bilateral symmetrischen Functionen" sind, hier hinzuweisen. So auf das meist an genau symmetrischen Stellen (Temporalgegend) beginnende Ergrauen des Haupthaares (vgl. *L. Landois*, Das plötzliche Ergrauen der Haupthaare. *Virchow*'s Archiv. Bd. 35. 1866. S. 575—599), auf die große Symmetrie, welche die bei vielen Fischen (Cyprinus brama, C. nasus, Leuciscus rutilus, L. roseus, L. prasinus, L. rubella, Çoregonus etc.) temporär erscheinenden Verdickungen der Haut in ihrer Ausbildung verfolgen (vgl. *Baudelot*, Observations d'un phénomène comparable à la mue chez les poissons. Ann. d. scienc. nat. Zoologie. Sér. V. T. VII. 1867. p. 339—344), auf die bei Temperaturwechsel an der Einen Extremität, an der entsprechenden Extremität der andern Körperseite auftretenden correspondirenden Temperaturveränderungen (vgl. *F. Goltz*, Das Herz. Tagebl. d. Naturforscherversammlung zu Baden-Baden. 1879. S. 135), auf die Secretion des Schweißes (vgl. *A. Adamkiewicz*, Die Secretion des Schweißes. Eine bilateral symmetrische Nervenfunction. Berlin 1878 und Arch. f. Anat. u. Physiologie. 1880. Physiol. Abth. Heft 1 u. 2, S. 159—162) und auf die compensirende Hypertrophie der paarigen Organe (Nieren, Hoden, Ovarien, Lungenflügel) bei Menschen und bei Thieren. Auch die Reihenfolge beim Ausfallen und Entstehen der Federn wird bei den meisten Vogelarten durch das Gesetz der bilateralen Symmetrie bedingt (vgl. *H. Schlegel*, Naumannia, II. Bd., 2. Heft. 1852. S. 21. *E. v. Homeyer*, ibid. 1853. S. 66. *L. Martin*, Journ. f. Ornithologie von *Cabanis*. Bd. I. 1853. S. 210). Aus dieser Aufzählung dürfte zugleich hervorgehen, daß die bilaterale Function keineswegs, wie *Adamkiewicz* glaubt (Arch. f. Anat. u. Physiol., a. a. O., S. 159), bis zu seiner Arbeit über die Secretion des Schweißes in der Physiologie unbekannt gewesen ist.

sich in seinem Centralorgane abspielen, dunkel, daß es im Schlafe hell wird, der müßte nothwendig zu der Auffassung gelangen, daß die helle Färbung der Haut einen Ruhezustand, die Schwarzfärbung dagegen einen Reizzustand anzeige. Diese Auffassung konnte nur ein experimenteller Eingriff als unrichtig erweisen, und *Brücke* gebührt das Verdienst, diesen Beweis für Chamäleon geliefert zu haben.

Um einen Reizzustand der Muskeln zu schaffen, bediente sich *Brücke* des Strychnins. Die Strychninwirkung am Chamäleon beschreibt er uns, wie folgt: „Als die Erscheinungen erhöhter Reflexerregbarkeit bei dem mit salpetersaurem Strychnin vergifteten Thiere eingetreten, war es zwar heller als es sonst zu sein pflegte, aber die Zeichnung setzte sich noch sehr deutlich dunkel von dem Grunde ab; als indessen die Krämpfe eintraten, die bald in eine continuirliche Starrheit übergingen, schwand die Zeichnung immer mehr und mehr und nur die Stippchen erhielten sich noch, aber selbst als das Thier schon unfähig sich willkürlich zu bewegen, mit gestreckten Gliedern auf die Seite gefallen war, ließ sich der Einfluß des Lichtes noch deutlich wahrnehmen, indem die nach unten gewendete Seite jedesmal die hellere, die nach oben gewendete die dunklere wurde; doch bald schwanden mit den Stippchen die letzten Reste der dunklen Zeichnung und mit ihnen auch jede Spur von Reizbarkeit für das Licht. Das blaßgelb und weißlich gefärbte Thier lag noch eine Weile in völliger Starrheit da, bis endlich das Erschlaffen der Glieder seinen Tod verkündete, und nun erst traten nach und nach zuerst am Kopfe und Halse, dann am Körper wieder dunkle Flecken auf."

Obgleich das Vergiftungsbild sich nicht bei allen Chamäleonen ganz genau in dem Tempo ausbreitet, welches uns *Brücke* beschreibt, wennschon nicht alle Individuen am ganzen Körper den äußersten Grad der Hellfärbung annehmen, einzelne Körpertheile (besonders Rückenkante und Schwanz) bisweilen ausneh-

mend stark dunkel gefärbt, ja fast schwarz bleiben, so wird sich doch jeder Beobachter leicht davon überzeugen, daß eine beim Eintritt des Tetanus sich ausbildende Gelbfärbung die bei weitem häufigste und ausgesprochenste Erscheinung darstellt, welche der Strychninvergiftung am Chamäleon folgt, und daß sie in den Ausnahmefällen nur durch eine antagonistische Wirkung, auf die wir später zu sprechen kommen werden, gleichsam maskirt wird. Ich habe, weil ich anfangs in der Strychninvergiftung einen Cardinalversuch erblickte, nicht weniger als achtzehn Chamäleonen strychnisirt und glaube so meinen Erfahrungen den wahrheitsgetreuesten Ausdruck gegeben zu haben. Von einer Beeinflussung der Färbung durch das Licht habe ich, trotzdem ich sorgfältig darauf achtete, bei diesen Strychninvergiftungen nichts wahrgenommen. *v. Wittich* hatte beim Frosch gefunden — und dieser Versuch beweist dafür, daß der Reizzustand des Centralorganes von einem Hellerwerden der Haut begleitet ist, unzweifelhaft mehr als die Symptome der Strychninvergiftung —, daß nach electrischer Reizung der Medulla spinalis am decapitirten Thiere sich die ganze Haut des Rumpfes unter heftigen tetanischen Erscheinungen entfärbte und daß nach Zerstörung des Rückenmarkes die Haut wieder ihre dunkler grüne Farbe erhielt. Setzte ich die Electroden auf das Rückgrat des lebenden Chamäleon, so trat, wenn ich einen electrischen Strom von mäßiger Stärke durch das Thier schickte, unter tetanischen Erscheinungen eine Gelbfärbung der Haut in den hinterliegenden Bezirken auf, der nach Entfernung der Electroden rasch eine Schwarzfärbung folgte. Bei meinen Versuchen kam eine Reizwirkung, welche vom Halstheile des Rückenmarks ausging, an der Haut des decapitirten Thieres nicht hinreichend scharf zum Ausdruck. Zerstörte umgekehrt *Brücke* mittelst einer Sonde den Hals- und Brusttheil des Rückenmarks, so wurden die Partien, welche ihre Nerven aus diesen Regionen beziehen, sofort schwarz, und nur einzelne

Tuberkeln blieben wie helle Pünktchen licht auf ihnen stehen. Von meinen Beobachtungen verdient wohl hervorgehoben zu werden, daß die durch Zerstörung des Rückenmarks erzeugte Schwarzfärbung ebenso unbeständig ist wie der am strychnisirten Thiere auftretende helle Farbenton. Die Farbe des durch Strychnin vergifteten Chamäleon schlägt oft noch, während einige Muskelgruppen zucken, in eine dunklere Tinte um. Die Ursache dieser Unbeständigkeit des gelben Colorits wird centralen Ursprungs sein, während die Veränderung, welche an den des Rückenmarks beraubten Theilen meist zwar erst nach mehreren Stunden eintritt, nothwendig durch postmortale Vorgänge in den peripheren Organen bedingt ist[1]).

[1]) Die meisten und verschiedenartigsten Durchschneidungs- und Reizversuche am Chamäleon scheint *P. Bert* gemacht zu haben. Er gibt darüber Folgendes an:

1. Die Durchschneidung eines gemischten Nerven führt zu einer Schwarzfärbung auf der davon innervirten Hautstelle; auf Reizung desselben nimmt sie zuerst einen grünen, dann einen gelben Farbenton an. Denselben Effect erhielt *Brücke* an abgetrennten Hautstücken nach electrischen Reizen.

2. Die Durchschneidung resp. Reizung des Rückenmarks hat dasselbe Resultat an dem hintern Körperabschnitte zur Folge; bei seiner Durchschneidung in der Cervicalregion wird der Kopf und der vordere Körpertheil, deren coloratorische Nerven zwischen dem dritten und sechsten Dorsalwirbel entspringen und dem großen Halssympathicus folgen, schwarz.

3. Nach Durchschneidung der medulla oblongata erfolgt auf Reizung eines gemischten Nerven Hellfärbung der Haut, besonders an der correspondirenden Seite.

4. Die halbe Durchschneidung des Rückenmarks bewirkt eine Schwarzfärbung auf der correspondirenden Seite.

5. Nach Entfernung der beiden Hirnhemisphären verliert das Thier das Vermögen, seine Farbe willkürlich zu verändern; aber diese wechselt sogleich wieder, wenn man Reize anwendet. Dasselbe tritt ein nach Wegnahme der bulbi optici, des Kleinhirns, der commissura cerebri.

6. Nach Durchschneidung der medulla oblongata unterhalb des vierten Ventrikels wird der ganze Körper schwarz und wechselt die Farbe nicht mehr.

7. Nach Abtragung einer Hirnhemisphäre (und der damit nothwendig verbundenen des Auges auf der entgegengesetzten Seite) wechselt an der

Wir wissen demnach, daß beim Tetanus, nach electrischer Reizung des Rückgrates die Chamäleonen hell, nach Entfernung des Rückenmarks dagegen schwarz werden, und trotzdem erscheinen sie im Schlafe nicht weniger, vielleicht sogar noch vollständiger abgeblaßt, als wenn ein electrischer Strom von verhältnißmäßig bedeutender Stärke die Elemente ihres Centralorganes erregt oder das Strychnin die Muskeln in einen Tetanus versetzt, — bei Thätigkeitsäußerungen also, welche das Thier aus eigenen Antrieben kaum zu leisten vermag.

Es scheint auf den ersten Augenblick, als ob wir hier zwei in ihren Folgen zwar durchaus übereinstimmende, aber ihrem Wesen nach grundverschiedene Vorgänge vor uns haben, welche streng auseinander zu halten sind. Während die Eledone auf jeden Reiz, welcher das Centralorgan, die Nervenstämme, die

---

correspondirenden Körperhälfte die Farbe nicht mehr so schnell als an der entgegengesetzten. Außerdem bleibt das Chamäleon immer dunkler gefärbt, aber die Entfernung des anderen Auges stellt das Ebenmaß wieder her.

8. Nach Abtragung Eines Auges bleibt das Thier auf der correspondirenden Körperseite viel heller als auf der, deren zugehöriges Auge erhalten blieb. Die Entfernung des andern Auges stellt das Gleichgewicht nicht wieder her.

Es ist sehr zu bedauern, daß *Bert* über die Ausführung seiner Versuche und über ihre Resultate uns nicht ausführlicher berichtet; denn jeder, der, wie ich, einige derselben öfters wiederholt, wird sicherlich gleich mir zu dem Schlusse gelangen, daß die Versuchsergebnisse in den einzelnen Fällen oft sehr verschieden ausfallen, ja sich ganz zu widersprechen scheinen und nicht so einfach zu deuten sind, wie man es anfangs nach *Bert's* ansprechenden kurzen Sätzen erwartete. Ich muß gestehen, daß die Ergebnisse der Durchschneidungs- und Reizversuche ganz außerordentlich variiren — theils, wie ich glaube, deshalb, weil für das Zustandekommen des Farbenwechsels wesentliche Gewebe sehr früh absterben, theils weil durch diese großartigen Eingriffe sehr verschiedene, mehr oder weniger sich entgegenwirkende Impulse auf die Chromatophoren übertragen werden —, und daß nur die oben referirten Resultate gegenwärtig eine Berücksichtigung verdienen.

Halbe Durchschneidungen centralnervöser Theile sind von mir jedoch nicht ausgeführt, ihr Erfolg wenigstens nicht abgewartet.

peripherisch gelegenen Ganglien oder die Pigmentkörper traf, kurz auf jede Erregung, welche irgend ein, gleichgültig welcher Theil des Farbenapparates erfuhr, durch eine Braunfärbung, durch die Expansion der Chromatophoren antwortete, so tritt — als ein davon ganz abweichendes Verhalten — an den Chamäleonen eine Verschiedenheit im Effecte auf, je nachdem die Reize von dem Willenscentrum aus die motorischen Ganglien erregen, oder diese von den Reizen direct beeinflußt werden.

II. Das Hemmungscentrum im Gehirn.

Brücke, welcher dem Lichte für den Farbenwechsel der Chamäleonen eine Bedeutung zuerkennt, welche ich ihm nicht zugestehen kann, hat die Möglichkeiten erwogen, welche die Thatsache, daß die Chamäleonen im Dunkeln — oder, wie ich es für richtiger halte zu sagen, im Schlafe — hell gefärbt sind, erklärlich machen. Er scheint sich der Annahme zuzuwenden, „daß das Chamäleon eines gewissen Grades der Helligkeit bedarf, damit seine sensibelen Hautnerven das Minimum der Erregung zum Rückenmark bringen und daß, wenn dieser nicht erreicht wird, mit der höheren Erregung des Rückenmarks auch eine höhere Erregung der motorischen Hautnerven eintritt“. So würde es verständlich werden, daß auch die Finsterniß auf das Thier als Reiz wirkt. Durch *Brücke*'s gediegene Auseinandersetzung wird zwar auch der noch neuerdings vorgebrachte Einwand: daß ein Mangel an Licht nie als Reiz aufgefaßt werden könne, beseitigt, aber das Ergebniß eines Versuches nicht erklärt, den ich oft zu machen Gelegenheit nahm.

Man weiß, daß die Stoffe der pharmakologischen Alkoholgruppe bei Wirbelthieren — die verschiedensten Wirbellosen verhalten sich dagegen, wie ich gezeigt habe[1]), ganz anders — vor-

[1]) *Krukenberg*, Vergl. physiol. Studien etc. I. Abth. S. 82 ff.

wiegend das Centralnervensystem lähmen, ohne vorher dasselbe in einen Erregungszustand zu versetzen; am Chloroform und Aether ließ sich allein auch bei Wirbelthieren eine Wirkung auf periphere Theile beobachten. Zu meinen ersten Versuchen über die Wirkung der Anästhetika an den Chamäleonen diente mir das Chloroform; bei der Chloroformvergiftung gibt sich aber am Chamäleon nur eine intensive Schwarzfärbung zu erkennen, welche ihren Sitz in peripheren Theilen hat, worauf im Folgenden näher einzugehen sein wird. In der Aethernarkose dagegen färbte sich die Chamäleonenhaut — fünfmal wiederholte ich den Versuch — regelmäßig gelb, sodaß die Haut dieser Thiere von der schlafender Chamäleonen nicht zu unterscheiden war. Dieser äußerste Grad des Abblassens erfolgte nicht weniger bestimmt, wenn die Thiere sich im Sonnenlichte befanden, als wenn sie im Dunkeln anästhesirt wurden. Es lassen sich genügende Beweise für die Auffassung beibringen, daß wir durch den Aether an den Chamäleonen denselben Zustand hervorrufen, welcher sich an ihnen im Schlafe normal einstellt[1]).

Decapitirte ich die durch Aether weiß erhaltenen Thiere, so blieben sie lange weiß; wurden sie dagegen, wenn sich die Aetherwirkung hinreichend bemerkbar machte, an die Luft gebracht, so schlug bald ihr lichtes Colorit in ein dunkles um; reizte ich an den ätherisirten Thieren die Augenstiele electrisch, so trat, wenn die Anästhesie fortbestand, keine Schwarzfärbung

---

[1]) *Bert* scheint bereits Chamäleonen durch Aether anästhesirt zu haben. Wenigstens sagt er: „Im Schlafe, in der Anästhesie und nach dem Tode ist der ganze Körper gelblichweiß".

Auch diese seiner Angaben ist wieder sehr unvollständig. Das durch Aether betäubte Thier ist allerdings hellfarbig, das durch Chloroform, durch das Anästheticum par excellence, vergiftete aber regelmäßig schwarz. Ist das Chamäleon in der Anästhesie nun gelb oder schwarz? Von *Bert* erfahren wir darüber Nichts.

am Thiere auf; der Zerstörung des Rückenmarks folgte aber schnell ein Dunkelwerden.

Setzen wir, wogegen nichts einzuwenden sein wird, — zumal wenn ich dem Folgenden vorgreifend bemerke, daß wir auch nach Curareinjection sich die Haut an den in einer Aetheratmosphäre gehaltenen Thieren sehr bald schwärzen sehen — als richtig voraus, daß der Aether Stücke des Centralnervensystems lähmt, so haben wir ein bindendes Versuchsergebniß gewonnen, welches manche bis dahin undeutbar gebliebene Thatsache endgültig erklärt; denn nur Eine Deutung dieser äußerlich sich so widersprechend erweisenden Befunde — daß sowohl eine Lähmung wie eine Reizung centralnervöser Theile eine Gelbfärbung bewirkt — wird sich versuchen lassen.

In den vorderen Bezirken des Gehirns muß unabweisbar ein Apparat existiren, der, in Thätigkeit versetzt, die durch centralen Ganglieneinfluß constant unterhaltene Erregung der peripheren Theile, welche das Empordringen des schwarzen Pigmentes an die Cutisoberfläche verhindern, aufzuheben, zu hemmen im Stande ist. Dieser Hemmungsapparat kann spontan erregt werden; wir sehen ihn in Thätigkeit, wenn das Thier während des Lebens ein dunkles Colorit annimmt; er befindet sich dagegen außer Function, wenn die Willensimpulse des Thieres beim Eintritt des Schlafes oder in der Anästhesie erlöschen. In der Existenz dieses Hemmungsmechanismus wird es auch begründet sein, daß bei der Strychninvergiftung nicht regelmäßig der äußerste Grad der Blässe an der Haut der Chamäleonen auftritt, den wir während des Schlafes an ihnen zu sehen gewohnt sind. Wenn der Organismus so gewaltigen Störungen, wie sie bei der Strychninvergiftung gegeben sind, ausgesetzt wird, kann auch kaum das Centrum in Ruhe verharren, von dem aus Willensimpulse den beständigen Erregungszustand der motorischen Ganglien inhibiren. Daneben muß zwar auch darauf hingewiesen werden, daß die energischen

Contractionen, in welche die Skeletmuskulatur durch das Strychnin versetzt wird, leicht die Arbeit der voraussichtlich sehr zarten contractilen Elemente, welche den Farbenwechsel besorgen, stören könnten, und die Strychninwirkung somit für unseren Zweck bedeutungslos sein würde.

Vielleicht scheint es kein zu gewagter Schluß, wenn man jetzt, wo wir die Wirkung des Aethers und die des Strychnins am Chamäleon mit denen, welche diese Substanzen an den höheren Wirbelthieren und am Frosch hervorrufen, in Einklang bringen konnten, auch dem Morphin, welches auf diese Thiere eine combinirte Alkohol- und Strychninwirkung äußert, einen analogen Einfluß auf die Chamäleonen zugesteht. Es versprach darnach das Morphin ein Stoff zu sein, der unter allen Umständen an den Chamäleonen die intensivste Blässe hervorbringt.

Nach dieser Ueberlegung ging ich zu den Morphinvergiftungen über, welche ich an drei Thieren ausführte. Die Ergebnisse entsprachen nicht meinen Erwartungen und sind kurz folgende:

In der Morphinnarkose wurden die Chamäleonen entschieden heller als sie zu Anfang des Versuches waren; der Effect war jedoch nicht in allen Fällen gleich deutlich. Injicirte ich jetzt in Unterbrechungen eine sehr reichliche Menge von salpetersaurem Strychnin, so verstärkte sich die Blässe nicht, das Thier wurde vielmehr bald darauf wieder dunkeler. Dieses Dunkel hatte sich an dem Cadaver bis zum folgenden Tage sehr merklich, wenngleich nicht völlig gelichtet; einige Körpertheile blieben immer tiefschwarz; an den, gleich nach eingetretenem Tode abgetrennten Hautstücken zeigte sich aber noch am dritten Tage das Schwarz an der Oberfläche erhalten. Dieser nach der Morphinvergiftung eintretende dreimalige Farbenwechsel dürfte uns ein anschauliches Bild von der verwickelten Mechanik liefern, welche sich in der Gewebsverbindung von den Hirnhemisphären bis zu den Chromatophoren hin abspielt, und welche uns nur in den Veränderungen

der Hautfarbe zur Wahrnehmung gelangt. Unterliegt es schon keinem Zweifel, daß bei der Morphin- ähnlich wie bei der Chloroformwirkung die Veränderungen, welche vom ersten Erscheinen des schwarzen Pigmentes an der Oberfläche der Chamäleonenhaut bis zum schließlichen Erbleichen des Thieres auftreten, an peripherischen Theilen ablaufen, so hält es doch außerordentlich schwer, diese experimentell weiter zu verfolgen. Diese Veränderungen, welche periphere Theile ergreifen, betreffen — wie sich noch ziemlich sicher feststellen läßt — vorzugsweise contractile Elemente; denn die von dem durch Morphiuminjection getödteten Chamäleon abgetrennten Hautstücke blieben, obgleich sie vor Austrocknung gut geschützt waren, schwarz, und während electrische Reize die durch einen nervösen Einfluß bewirkte Schwarzfärbung der Haut rasch beseitigten, ließ sich dagegen das schwarze Pigment nach vorausgegangener Morphiuminjection entweder nur unvollständig oder garnicht mehr durch dieses Mittel in die Tiefe zurücktreiben.

Daß die theoretisch geforderte gleichmäßige Blässe nicht immer bei der Strychninvergiftung an den Chamäleonen auftritt, ist nicht wie bei der Morphiumwirkung auf Veränderungen an peripheren Theilen zu beziehen; denn es gelingt die durch Strychnin veranlaßte Blässe, welche in der Regel sehr prägnant hervortritt und bisweilen so intensiv wie bei den Nachtthieren ist, noch unter völligem Intactbleiben der contractilen Gebilde der Chromatophoren in das tiefste Schwarz zu verwandeln. Diese Umfärbung bewirkt, wie ich dem Folgenden vorgreifend schon hier bemerken will, das Curare. Es erhellt daraus das verschiedene Verhalten der Mechanik des Farbenwechsels beim Chamäleon von der des Chromatophorenspieles bei Eledone moschata[1]).

[1]) Für Eledone ergab sich bekanntlich, daß das Strychnin peripher gelegene Ganglien lähmt.

Eine ähnliche Wirkung, wie sie der Aether auf die Chamäleonen ausübte, scheint auch dem Kampher zuzukommen. In einer Kampheratmosphäre färbten sich die Chamäleonen bald sehr hell und blieben es, so lange sie in ihr verweilten. Es stellte sich an den Thieren gleichzeitig ein Muskelzittern ein, von welchem sie sich aber in reiner Luft sehr bald erholten, und in der sie sich dunkel färbten.

Der Eintritt aller besprochenen Verfärbungen, welche der Vergiftung folgten, sowohl der vitalen wie der postmortalen, geschieht an den belichteten und dunkel gehaltenen Thieren resp. ihren Körperseiten stets gleichsinnig, und ich erkenne darin den triftigsten Beweisgrund dafür, daß der Einfluß des Lichtes dem gegenüber, welcher von den nervösen Theilen ausgeht, ohne jeden Belang ist.

III. Die Abwesenheit peripherer Ganglien.

„Bei den Cephalopoden überdauert das Chromatophorenspiel oft viele Stunden den Tod des Thieres, an den ihnen entnommenen, in Meerwasser aufbewahrten Hautstücken bemerkt man das Erscheinen und Verschwinden der Färbung selbst ohne wahrnehmbare stärkere Reize, und ein momentanes Dunkelwerden tritt an diesen auch weit außerhalb der direct gereizten Hautstelle auf, wenn ein electrischer Strom hindurchgesendet, ein chemischer oder mechanischer Reiz ihr applicirt wird.“ Von alledem ist an der abgetrennten Chamäleonenhaut nichts zu bemerken. Hautstücke, die in der Aetheranästhese, in der Kampheratmosphäre oder im Strychnintetanus hell geworden waren, vermochte ich nicht in derselben einfachen Weise wie bei Eledone umzufärben, obgleich ich viele Stoffe (Chloroform, Kampher, Nicotin, Coniin, Curare, Physostigmin, Muscarin, Helleboreïn, Digitalin, Strychnin, Pikrotoxin und Atropin) auf eine Wirkung in dieser Richtung prüfte. In Bestätigung der Angabe *Brücke*'s kann ich hinzufügen, daß es mir

ebenfalls nicht gelingen wollte, durch Druck und Dehnung in der abgezogenen, wegen der Nervendurchschneidung schwarz gewordenen Haut das dunkele Pigment an die Oberfläche und wiederum in die Tiefe zu befördern; auch nur selten gelingt es am frisch abgenommenen Beine die Hautfarbe durch electrische Reizung des Hüftnerven aufzuhellen. Im Lichte wie in der Finsterniß veränderten die abgelösten Hautstücke ihre helle Färbung, welche sich regelmäßig nach einigen Stunden an ihnen ausbildete, nicht mehr.

v. Wittich glaubt, Anhaltspunkte für die Annahme peripherischer Ganglien in der Froschhaut gefunden zu haben; meine Untersuchungen lassen mir ihr Vorkommen in der Chamäleonenhaut im Dienste des Farbenwechsels mindestens höchst fraglich erscheinen. Weder die gebräuchlichen physiologischen noch die speciell toxicologischen Proben auf ihre Gegenwart wollten hier gelingen. Falls sie dennoch in rudimentärster Form sich finden sollten, kann ihre Bedeutung, verglichen mit derjenigen, welche sie beim Chromatophorenspiele der Eledone einnehmen, für den Farbenwechsel beim Chamäleon nur eine sehr untergeordnete sein.

IV. Die Lähmung peripherer Theile durch Curare.

Im Curare lernte ich ein Mittel kennen, durch das es stets gelingt, dem strychnisirten Thiere in wenigen Minuten ein tiefschwarzes Colorit zu verleihen. Nach Injection von 0.9—1.5 gr. einer 1-procentigen Curarelösung, welche subcutan oder in die Bauchhöhle erfolgte, waren in den vier von mir angestellten Versuchen die zuvor im Strychnintetanus völlig gelb gewordenen Thiere in 2—3 Minuten schwarz geworden; nur in Einem Falle bedurfte es dazu annähernd 4 Minuten. Ebenso eclatant gelangen die Versuche an den durch Aether anästhesirten Thieren.

An dieser Stelle sei der Erfolge einiger Vergiftungen mit anderen Alkaloiden gedacht, bei welchen sich wie bei der Strych-

nin- und Aethervergiftung das schwarze Pigment von der Oberfläche in die Tiefe zurückzieht; denn auch die durch diese Gifte bewirkte Blässe der Haut läßt sich durch Curareinjection beseitigen.

Die Symptome, welche sich an den Chamäleonen nach Injection einiger Decigramme einer 1-procentigen Coffeïnlösung bemerkbar machen, sind dieselben wie bei der Strychninvergiftung. Ein heftiger Tetanus und der Eintritt einer mehr oder weniger perfecten Gelbfärbung sind die uns dabei hier interessirenden Erscheinungen. Das Gelb der Haut wurde, als ich Curare injicirte, mehr und mehr dunkeler, und nach einiger Zeit war das ganze Chamäleon tiefschwarz geworden. Ein letaler Ausgang ist den Thieren nach diesen Eingriffen wohl immer gewiß. Bei meinen Versuchen injicirte ich das Curare erst bei stark ausgebildetem Tetanus, welcher bald darauf verschwand, während das Thier aber stets zu Grunde ging. Tags darauf begann sich am Cadaver die Haut abermals heller zu färben und nahm in einem Falle selbst wieder die Blässe schlafender Thiere an.

Nach Injection einer Pikrotoxinlösung trat fast am ganzen Chamäleonleibe bald der äußerste Grad von Hellfärbung auf, nur an der Bauchseite erhielt sich eine schwarze Zone. Zugleich bildete sich ein heftiger Starrkrampf aus. Nach Injection von Curare schwärzten sich zuerst wieder die am stärksten mit Blut gespeisten Theile (zuerst der Kopf, zuletzt der Schwanz). Daß wir in der eintretenden Verdunkelung der Haut thatsächlich eine Wirkung des Curare vor uns haben, ergibt sich daraus, daß sich die Injectionsstelle früher als die angrenzenden Gebiete wieder schwärzte. Nach wenigen Stunden wurde das abgestorbene Thier wieder gelb, die ihm im Sterben abgetrennten Hautstücke erblaßten nur in den centraleren Partien, an den Rändern blieben sie aber dunkel.

Das nach Eingabe einer Nicotinlösung am Chamäleon sich sehr bald neben Convulsionen und exquisiter Muskelcontractur ausbildende Verblassen der Hautfarbe macht sich nie so prägnant

wie bei der Strychninvergiftung. Aber nicht weniger leicht als nach der Strychnininjection gelang es auch hier die Haut durch Curare wieder tiefschwarz zu färben.

Die durch **Veratrin** vergifteten Chamäleonen sind stets gelb gefärbt und schwärzen sich nach Curareinjection; wie bei allen bislang besprochenen Vergiftungen, wo es uns gelang, das helle Colorit durch Curare in ein dunkeles umzuwandeln, so war aber auch hier das durch Curare geschaffene Schwarz nur von ephemerem Bestande. Schon nach einigen Stunden begann sich die Hautfarbe wieder mehr und mehr zu lichten.

Auch das bis dahin unvergiftet gebliebene Thier färbt sich nach Curareinjection sehr bald schwarz. Dieser Versuch gelang mir stets, und es ist mir deshalb durchaus unverständlich, wie *Bert* kurz sagen kann: das Curare sei ohne Einfluß auf die coloratorischen Nerven des Chamäleons. Aber auch bei der einfachen Curarevergiftung hält das durch Curare erhaltene Schwarz nicht lange Stand; nach 2—4 Stunden ist das Chamäleon bisweilen schon wieder völlig gelb geworden.

Ich vermuthete, daß das Curare eine centrale Lähmung bewirke, legte deshalb an dem durch Curare stark schwarz und bewegungslos gewordenen Thiere den nervus ischiadicus bloß und überzeugte mich, daß auf electrische Reizung desselben weder die Skeletmuskeln zuckten, noch daß die Hautfarbe sich änderte. *Bert* ist zu einem andern Resultate gekommen; der Grund davon könnte darin zu suchen sein, daß die peripheren Enden der coloratorischen Nerven (ähnlich denen der electrischen bei Torpedo) später als die der motorischen gelähmt würden. Mir ist ein solches verschiedenes Verhalten der beiden von *Bert* angenommenen peripher verlaufenden Nervenarten des Chamäleons sehr unwahrscheinlich; ich kenne überhaupt keinen Grund, welcher die coloratorischen den übrigen motorischen Nerven beim Chamäleon entgegenzustellen gestattet. Ich sehe mich deshalb ge-

zwungen, die Curarewirkung an die Peripherie zu verlegen und suche sie in den Nervenendigungen.

Es ist eine der auffallendsten Erscheinungen, daß die den durch Curare vergifteten Chamäleonen entnommenen Hautstücke — nur bisweilen behalten an ihnen die Schnittränder die Färbung, welche sie zeigten, als die Abtrennung vorgenommen wurde, bei — ebenso später ihre Farbe ändern wie das ganze Thier, während ein Einfluß dieses Giftes auf separirte Hautstücke absolut nicht zu erzielen gewesen ist. Durch keinen operativen Eingriff, den ich anwandte (Durchschneidung des Rückenmarks in verschiedenen Höhen, electrische Reizung oder Zerstörung desselben u. s. w.), konnte ich das durch Strychnin, Nicotin, Pikrotoxin, Coffeïn oder Curare hervorgebrachte Colorit schneller umstimmen, als es am todten Thiere von selbst verschwand. Dieses ist um so seltsamer, als die Farbe am lebenden Chamäleon oft ziemlich rasch — ich glaube, man darf fast momentan sagen — wechseln kann. Es scheint demnach, als ob kurz darauf, wenn der Säftezufluß stockt, die durch Nerveneinfluß übertragenen Reize unverhältnißmäßig länger andauern, als wenn die Säftecirculation in normaler Weise von Statten geht. In der geringen Reaction der abgetrennten Körperstücke dieses Thieres glaube ich ebenfalls allein den Grund suchen zu dürfen, wenn Giftwirkungen an ihnen gar nicht oder jedenfalls sehr schwer und unsicher gelingen. Wo — wie vielleicht durchgängig im Typus der Mollusken — die peripher gelagerten Theile mit Ganglienzellen ausgerüstet sind, da scheinen sich ganz allgemein an ihnen die Lebensfunctionen ungleich besser zu erhalten.

V. Die muthmassliche Beschaffenheit der contractilen Elemente.

Nur Ein Mittel wurde gefunden, die durch Curare verursachte Schwarzfärbung ohne Zerstörung oder Extraction des Pig-

mentes in der Chamäleonenhaut local zu beseitigen, nur Ein Mittel kenne ich, durch das es gelingt, auch den frisch abgetrennten schwarzen Hautlappen local gelb zu färben, — nur der electrische Strom scheint die Kraft zu besitzen, die oberflächlichst gelegenen Theile des Farbenapparates beim Chamäleon direct zu irritiren.

Brücke war der Erste, der die Chamäleonenhaut electrisch reizte und die Beobachtung machte, daß sie sich dabei gelb färbt, daß durch eine, dem electrischen Reize folgende Zusammenziehung der contractilen Gebilde das schwarze Pigment in die Tiefe der Cutis gerückt wird. Nichts ist leichter als sich von der Richtigkeit dieser Angaben zu überzeugen; sie haben im Laufe der Zeit auch keinen Widerspruch erfahren. Einen ähnlichen Zustand, bedingt durch eine Art von Todtenstarre der contractilen Elemente, sehen wir auch nach dem Tode des Thieres zu Stande kommen. Zuweilen tritt diese Starre zwar erst 24 Stunden nach dem Tode ein; für die Ansicht aber, nach der sie ganz ausbleiben könnte, ohne daß die contractilen Gewebe vorher selbst tiefgreifend verändert sind, haben sich mir keine Anhaltspunkte geboten. Ich neige mich deshalb weniger der Ansicht *Brücke*'s als der des *Aristoteles* zu, welcher meinte, daß die todten Chamäleonen blaßgelb gefärbt sind. Wo zwar, wie in diesem Falle, der Farbenwandel durch eine Gerinselbildung hervorgebracht wird, werden wir nicht erstaunen, wenn die Leichenblässe nicht bei allen Individuen mit gleicher Intensität auftritt; denn der Forschung schwer oder garnicht zugängige feine individuelle Verschiedenheiten können den Modus und den Beginn der Starre sicherlich sehr beeinflussen.

Einen Körper, durch den es mir gelungen wäre, die contractilen Elemente am Farbenapparate des Chamäleons im Contractionszustande zu fixiren — ähnlich wie es mir an den Radiärfasern der Eledonechromatophoren durch Chloroform gelang — habe ich nicht aufgefunden; im Chloroform lernte ich aber

eine Substanz kennen, durch welche diese direct zur Expansion zu bringen und in diesem Zustande zu lähmen waren. Brachte ich ein Chamäleon unter eine Glasglocke, unter welcher sich ein mit Chloroform getränktes Schwämmchen befand, so nahm seine Haut in wenigen Minuten den intensivsten Grad von Schwarzfärbung an, welcher durch Coffeïn-, Nicotin- oder Strychnininjection ebensowenig als durch eine Ueberführung des Thieres in eine mit Aetherdampf gesättigte Luftschicht zu mildern oder gar zu beseitigen war. Während alle auf irgend eine Weise hell gewordenen Chamäleonen durch Chloroform wieder schwarz zu machen waren, besaß die durch Chloroform erzeugte Färbung eine ganz außerordentliche Beständigkeit. Bis zum Beginne hochgradiger Fäulniß bewahrte ich die Cadaver der chloroformirten Thiere auf (4—5 Tage), beobachtete an ihnen aber nie eine deutliche Abnahme ihrer Schwarzfärbung. Ebenso verhält es sich auch mit der Schwarzfärbung, welche sich im Verlauf der Morphinvergiftung ausbildet.

Derselbe Effect scheint an den Chamäleonen auch durch große Gaben von Atropin hervorgebracht zu werden. Injicirte ich den Thieren 2 gr. einer 2-procentigen schwefelsauren Atropinlösung, so machte sich an ihnen selbst nach zwei Stunden noch kein Symptom bemerklich, welches ungezwungen auf eine Atropinvergiftung hätte bezogen werden können. Die Thiere liefen ziemlich munter im Zimmer herum, obschon ein Umschlag ihrer dunkeln Farbe in hellere Tinten bald unterblieb. Verstärkte ich dann die Atropindosis, so stellte sich ohne auffällige äußere Vergiftungsanzeichen allmählig eine Functionsabnahme an den Muskeln und schließlich der Tod ein. Das Thier war tiefschwarz geworden, und bei meinen Versuchen, seine Haut wieder heller zu färben, versagten an ihm wie am chloroformirten Chamäleon alle von mir daraufhin geprüften Gifte (Strychnin, Nicotin, Coffeïn, Aether, Curare, Chinin etc.) ihren Dienst.

Die durch Chloroform bewirkte Schwarzfärbung der Haut läßt sich, wenn sie complet geworden ist, durch den electrischen Strom nur stellenweise und sehr unvollkommen oder garnicht mehr beseitigen. Oft bemerkte ich jedoch ein ruckweises circumscriptes Hellerwerden, wenn ich stärkere electrische Ströme durch die chloroformirte Hautdecke hindurchschickte, und dieser Erfolg der Reizung erinnerte mich lebhaft an die verwandte Erscheinung bei der kamphorisirten Eledone. Es scheint mir diese Beobachtung wie die Curarewirkung sehr dafür zu sprechen, daß sich die Pigmentzellen nicht unter einem directen Nerveneinflusse befinden, sondern daß es ein den quergestreiften Muskelfasern physiologisch zu subsummirendes Gewebe ist, welches in Sphincterform die Pigmentkörper umgibt, und welches sich allein unter Nerveneinfluß befindet. Ohne Annahme dieses Chromatophorensphincters müßte ich auf eine Deutung vieler meiner toxicologischen Befunde verzichten, während durch die Annahme eines Sphincterennetzes für die Chromatophoren (rete musculare chromatophorum) nicht nur meine, sondern auch die Beobachtungen aller früheren Forscher eine befriedigende Erklärung finden würden. Dazu kommt noch, daß wir in der Cephalopodencutis ganz ähnlichen Verhältnissen begegneten, daß auch in dieser musculäre Gebilde — zwar nicht sphincterartig die Pigmentsäcke umgreifend, sondern als Muskelstreifen sich stellenweise an ihnen inserirend — den Farbenwechsel ausführen [1]). Nur die histologische Untersuchung der combinirt vergifteten Hautstücke wird

[1]) Ein diesem sehr ähnliches Verhalten scheint sich auch in der Haut der Bonellia zu finden. *Schmarda* (Zur Naturgeschichte der Adria. Denkschr. d. k. Acad. d. Wiss. zu Wien. Math.-naturw. Classe. 1852. Bd. IV. Abth. 2, S. 121) schreibt darüber Folgendes: „Bei der Zusammenziehung der Muskelhaut rücken die Pigmentdrüsen in der Haut der Bonellia näher an einander und gegen die Oberfläche, welcher sie dann das eigenthümliche körnige oder selbst warzenförmige Aussehen verleihen". Vergl. dazu das von *R. Greef* (Die Echiuren. Nova acta d. k. Leop. Carol. Acad. Halle. 1879.

uns vielleicht hier vorwärts bringen können; sie hat zu entscheiden, ob die Sphincteren contractilen Säckchen vergleichbar oder ob die Pigmentzellen, wie es mir nach meinen Versuchsergebnissen zwar höchst unwahrscheinlich ist, selbst als solche mit Farbstoff imprägnirte contractile Gebilde aufzufassen, ob endlich größere Muskelnetze in der Haut verbreitet sind, und im letzteren Falle die Pigmentkörperchen nicht nur völlig passiv nach dem locus minoris resistentiae hingetrieben werden. Inwiefern die histologischen Ergebnisse die physiologischen Postulate unterstützen, behalte ich mir vor, in einer späteren Arbeit darzulegen.

Anhang.

Es erübrigt noch, in aller Kürze der Wirkung des Coniins und Chinins auf die Chamäleonen zu gedenken.

Durch **Coniin** (beigebracht durch Injection oder per os) wurden die Thiere schwarz, und Strychnin hob diese Dunkelfärbung nicht auf; auch Durchschneidungen des Rückenmarks am Hals- oder Thoracaltheile blieben erfolglos. Nächsten Tages zeigten sich die Cadaver der beiden durch Coniin vergifteten Thiere wieder blaßgelb, nur an dem einen war die Stelle, wo ich später Strychnin injicirt hatte, dunkel geblieben.

Nach Injection von etwa 0,2 gr. **Chinin. hydrochlor.** färbte sich das Chamäleon gelb; der Schwanz, die Hinterbeine und die Einstichstelle wurden aber sehr bald wieder tiefschwarz, und diese Schwärze verminderte sich nach sehr reichlicher Strychnininjection nicht. Wenn nach größeren Chinindosen der Tod eintritt, ist der ganze Körper schwarz, auch wenn zuvor Strychnin injicirt wurde.

Bd. 41. Th. 2. Nr. 1. Tab. 23. Fig. 91) gegebene Durchschnittsbild der Bonelliahaut in der Gegend einer plaqueartigen Papille.

In der Haut von Fröschen wieß *Hensche* (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd VII. S. 281 ff.) Muskelfasern nach.

Die durch Inductionsströme gereizten Hautstellen wurden wieder blaß, nahmen aber nach dem Aufhören der Reizung abermals dunklere Tinten an. Tags darauf waren an meinen Versuchsthieren der Schwanz stellenweise, Beine, Kopf (mit Ausnahme der äußern Bekleidung der Mundspalte und eines Theiles der Augenlider) und die Rückenkante wieder vollkommen oder theilweise hell geworden. Ein Stück des Kopfes, die Bauchgegend und die Extremitäten zeigten sich aber noch nach drei Tagen dunkel tingirt.

Es wird sich empfehlen, die Resultate meiner Untersuchungen an der Hand beistehenden Schemas kurz zusammenzufassen

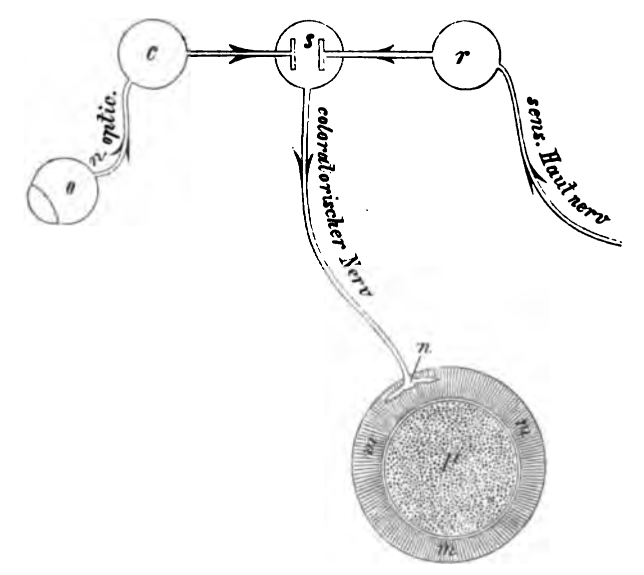


Fig. 4. Schema für den Farbenwechsel bei Chamæleon vulgaris.

und im Anschluß daran auch einen Blick auf die zum Vergleich mir fähig erscheinenden Mechanismen des Farbenwechsels bei Fischen und Cephalopoden zu werfen.

p stellt einen Pigmentkörper dar, zur Contraction gebracht

durch musculöse Elemente *m*, welche ähnlich wie die willkürlichen Muskeln der Vertebraten innervirt zu sein scheinen. Sie befinden sich für gewöhnlich in Contraction; dieser Tonus wird durch Ganglien *s*, von vielleicht automatischer Natur, unterhalten, die im Gehirn-Rückenmarke, nicht, wie es bei Eledone der Fall ist, in nächster Nähe der contractilen Elemente ihren Sitz haben. Auf die peripheren, in die Muskeln eingebetteten Enden (*n*) der coloratorischen Nerven wird das Curare wirken. Die Reizung dieser Nerven veranlaßt eine Contraction der zugehörigen Chromatophorensphincteren und in Folge dessen eine Hellfärbung der Haut. Die Thätigkeit der automatischen Ganglien (*s*) wird durch Erregungen, welche vom Willenscentrum (*c*) ausgehen, aufgehoben; bei dessen Erregung erlöscht der Sphinctertonus, und die Haut färbt sich schwarz. In gleicher Weise, wie wir genöthigt sind, ein Hemmungscentrum im Gehirne anzunehmen, ist die Annahme eines solchen im Rückenmarke geboten. Wie *Brücke* fand, wirkt das Licht nur bei erhaltenem Rückenmarke direct auf die Chromatophoren ein und zwar alsdann genau in der Art, wie die vom Willenscentrum ausgehenden Impulse. Dieser Thatsache ist rechts im Schema Ausdruck gegeben, wo *r* das im Rückenmarke gelegene Hemmungscentrum darstellt, erregt durch die, von sensibeln Hautnerven zugeleiteten Reize.

Es gelang uns nun

1. das Willenscentrum zu erregen z. B. auf electrischem Wege.
   „ „ zu lähmen durch Aether;
2. die automatischen Centren zu lähmen vielleicht durch Atropin etc.;
3. peripher-nervöse Theile zu lähmen durch Curare;
4. die contractilen Gebilde in den Zustand dauernder Erschlaffung zu versetzen durch Chloroform und Morphin.

Wesentlich verschieden von der vorgetragenen ist die Vorstellung, welche sich *P. Bert* von der Mechanik des Farben-

wechsels beim Chamäleon macht. *Bert* formulirte auf Grund seiner besprochenen Versuchsergebnisse folgende Sätze:

1. Die Bewegungen der Pigmentkörper stehen unter dem Einflusse von zwei verschiedenen Nervenarten. Bei Reizung der Einen treten sie aus der Tiefe an die Oberfläche, bei Reizung der Anderen ziehen sie sich von der Oberfläche in die Tiefe zurück. Beim Maximum der Reizung rücken die Pigmentkörper unter die Haut, und es tritt alsdann derselbe Zustand wie bei vollständiger Ruhe (Schlaf, Anästhesie, Tod) ein.

2. Die coloratorischen Nerven bieten die größte Analogie mit den Vasoconstrictoren. Wie diese folgen sie den gemischten Nerven für die Gliedmaßen und dem großen Halssympathicus, wie diese kreuzen sie sich nicht im Rückenmark, wie diese entspringen die zum Kopfe tretenden am Anfang der Dorsalregion, wie diese haben sie ein sehr kräftiges Centrum im verlängerten Mark, ein anderes, aber viel weniger mächtiges im ganzen Rückenmark. Wie diese sind sie gefeit dem Curare gegenüber und werden durch Physostigmin vergiftet.

Brücke stieß auf große Schwierigkeiten, als er uns erklären wollte, warum die Haut der dunkel gehaltenen (schlafenden) Chamäleonen ebenso hellfarbig wie bei electrischer Reizung wird. *Bert* bleibt uns die Erklärung ganz schuldig, warum im Zustande der größten Erregung der coloratorischen Nerven die Chamäleonen ebenso bleich sind wie im Schlafe, in der Anästhesie und nach dem Tode. Ohne auf die centrale Hemmungsvorrichtung zu recurriren, wird man schwerlich eine plausible Erklärung dieser so widersinnig erscheinenden Thatsachen zu geben vermögen. Aber nicht nur an diesem Punkte scheitert die *Bert*'sche Theorie.

Keineswegs ist, wie wir sahen, das Curare ohne Einfluß, ohne einen ganz bestimmten Einfluß auf die Hautfarbe der Chamäleonen; es alterirt sogar peripher-nervöse Theile, denn die

contractilen Elemente bleiben bei der Curarewirkung vorerst so gut wie intact: bei electrischer Reizung färbt sich die Haut wieder hell. Was man ferner von der Vergiftung der coloratorischen Nerven durch Eserin zu halten hat, mag die Beschreibung eines meiner Versuche lehren.

Die Vergiftung mit schwefelsaurem Physostigmin geschah durch Injection. Das Chamäleon befand sich in einem Vogelkäfig. Unter Zuckungen, welche besonders deutlich an den vorderen Extremitäten auftraten, wurde die vordere Körperhälfte auffallend hell gefleckt. Das Thier blieb dabei auf einer Leiste im Käfig hängen, und die Gelbfärbung hörte ziemlich genau an der Stelle auf, von der aus der Körper auf dem Holze schwebend erhalten wurde. Das Hinterende des Thieres blieb dunkel gefärbt. Es scheint mir dieser Befund sehr geeignet zu zeigen, wie unbestimmt die Effecte sind, welche den Contractionen stärkerer Muskelgruppen ihre Entstehung verdanken. Bald nachher wurde das Thier schwarz. Doch diese Schwarzfärbung war keine complete, und Curare verstärkte sie nicht; auch dauerte sie nur kurze Zeit an, dann wurde das Thier wieder hell und blieb es. In zwei anderen Fällen begegnete ich nicht weniger zweideutigen Vergiftungserscheinungen, aus denen man jedes Beliebige schließen könnte.

Aber erfahren wir, wie es mit *Bert*'s Annahme eines zu jedem Pigmentkörper tretenden coloratorischen Nervenpaares bestellt ist, von denen der eine Nerv nach Art der Vasoconstrictoren, der andere nach Art der Vasodilatatoren wirken soll. *Bert* fährt in seinen Schlußfolgerungen an der Stelle, wo ich mir erlaubte abzuschweifen, folgendermaßen fort:

„Die Nerven, welche die Pigmentkörper gegen die Oberfläche hin bewegen, gleichen den Vasodilatatoren. Obschon man ihre Existenz annehmen muß, ist doch über ihren Verlauf und ihre Verbindung mit nervösen Centren schwer etwas Sicheres auszu-

sagen. Sehr wahrscheinlich durchsetzen sie Ganglienzellen, bevor sie sich an die Pigmentkörper begeben."

Letzteres ist nach meinen Untersuchungen wenigstens höchst unwahrscheinlich geworden, und ebensowenig für die der meinigen entgegengesetzte *Bert*'sche Ansicht, wie für die Anwesenheit der von *Bert* geforderten dilatatorischen Nerven hat irgend Jemand eine Thatsache in's Feld führen können.

Sehr geistreich — und deshalb schien es mir erforderlich, auf *Bert*'s Auffassung näher einzugehen — ist die Erklärung, welche uns *Bert* von seinen Ergebnissen der halben Durchschneidung centraler Theile gibt. Sollten sich seine Resultate als richtig erweisen, was ich nicht zu bezweifeln mir getraue, zumal sie von mir nicht wiederholt werden konnten, so würden sie in dem von mir gegebenen Schema keinen Ausdruck finden, obgleich es unter Beibehaltung alles Gegebenen leicht geschehen könnte; für jetzt möge es aber genügen, an umstehender schematischer Darstellung *Bert*'s Ansichten kurz zu entwickeln.

Jede der beiden Hirnhemisphären (*c*) regiert nach *Bert* durch Vermittlung von Reflexcentren (*r*) die coloratorischen Nerven beider Körperhälften, aber sie beeinflußt hauptsächlich die den Vasoconstrictoren analogen Nerven der ihr zugehörigen Seite und die den Vasodilatatoren analogen Nerven der ihr entgegengesetzten Seite. In der Regel kommt unter dem Einflusse von Reizen, welche durch das Auge der entgegengesetzten Seite aufgenommen werden, jede Hemisphäre gleichmäßig zur Wirkung.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß (ausgenommen die Curarewirkung, auf welche ich deshalb ein gewisses Gewicht lege, weil sie stets in unabänderlicher Form an den Pigmentkörpern zum Ausdruck gelangt) *Bert* die meisten experimentell geschaffenen Veränderungen an den peripheren Theilen nach seiner Auffassung ebenso gut wie wir erklären kann, nur bleibt es mir dabei fraglich, ob sich zur Annahme von zweierlei verschiedenen

coloratorischen Nerven Anhaltspunkte gewinnen lassen, ob ihre Annahme an sich nicht sehr bedenklich ist. Nothwendig muß sich *Bert* die Pigmentträger als contractil vorstellen, und in

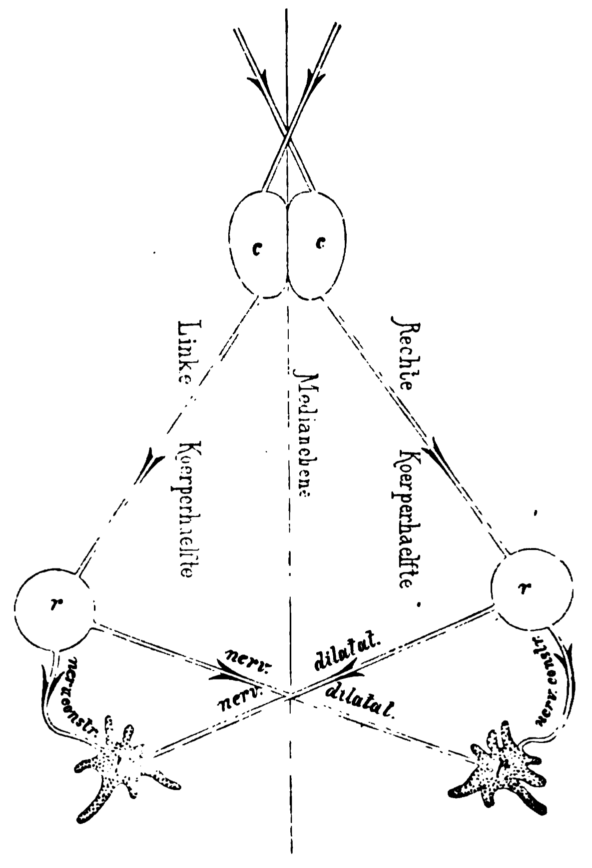


Fig. 5. Schematische Ausführung der *Bert*'schen Theorie von dem Farbenwechsel des Chamäleons.

diesem Falle wird es doch schwer zu entscheiden, wo, wenn Bewegung auftritt, der Zustand der Contraction aufhört, und wo die Ruhe einsetzt. Oder ist es vielleicht keine (wennschon nur eine partielle) Contraction, wenn die Amöbe einen Fortsatz nach dem andern ausstreckt und sich so vom Platze bewegt? Con-

trahirt sich der nackte Protoplasmakörper nur dann, wenn wir seine Masse durch electrische Reize zur Kugelform arrondiren? Ich glaube doch nicht. Vorausgesetzt, der Pigmentkörper besäße Contractilität, so müßte meines Erachtens auch die Ausbreitung des schwarzen Pigmentes an der Oberfläche der Chamäleonenhaut als ein Contractionszustand (wennschon nur eines Theiles) ihres Trägers angesehen werden[1]). Manches[2]) spricht aber dagegen,

[1]) Schon *G. Pouchet* (Compt. rend. T. 72. 1871. p. 868) bemerkte über die Chromatoblasten der Fische sehr richtig: „ces mots“ (dilatation et contraction) „sont inexacts et seraient avantageusement remplacés par ceux de contraction convergente et de contraction aberrante“, und der von ihm erkannte Einfluß der Electricität auf dieselben Gebilde lehrt, wie nöthig es ist, diesen Sachverhalt immer im Auge zu behalten. Nachdem *Pouchet* beschrieben, daß die Chromatoblasten bei electrischer Reizung kugelförmig werden, setzt er (a. a. O., S. 867) hinzu: „L'action de l'électricité toutefois ne paraît point indéfinie; il arrive souvent, malgré que l'on continue le courant, de voir les prolongements des corps pigmentés s'étendre de nouveau, comme si les énergies de la substance contractile, devenues un moment convergentes, reprenaient dans la masse leur dispersion antérieure“.

[2]) So z. B. eine Beobachtung an der Chamäleonhaut von *Brücke*, welche er folgendermaßen beschreibt: „Erschien die Oberfläche des Tuberkels hellfarbig, weiß oder gelb, so war der Körper der Zelle massiger, aber die Ausläufer waren theils verschwunden, theils verkürzt, sodaß sie die Oberfläche nicht erreichten. Ich überzeugte mich aber bald, daß diese Verkürzung nur scheinbar war, indem nur das Pigment in die Tiefe zurückgetreten war, die Ausläufer selbst aber nicht eingezogen, sondern nur entleert dem Auge entschwanden. Es zeigte sich das darin, daß in einigen Ausläufern und ihren Aesten einfache Reihen von Pigmentkörpern zurückgeblieben waren, welche dieselben noch kenntlich machten.“ Etwas diesem durchaus Aehnliches beobachtete *v. Wittich* an den Pigmentkörpern in der Froschhaut.

Bei den Pleuronectiden, wo die den Chromatophoren des Chamäleons analogen Pigmentträger unzweifelhaft contractil sind, tritt nach Durchschneidung der nervi optici eine Färbung auf, welche die Mitte hält zwischen dem beim Farbenwechsel bemerkbaren dunkelsten und hellsten Colorit. Eine derartige Uebergangsfarbe (grün) von längerer Dauer gelangt beim Chamäleon selten zur Wahrnehmung. Man beobachtet entweder ein mehr gleichmäßiges Gelb oder Schwarz, oder man bemerkt schwarze Punkte,

daß sich der Pigmentträger activ, sich (wie in der Cephalopodenhaut) nicht rein passiv verhält, und schon deshalb habe ich eine andere Erklärung der Thatsachen zu geben versucht. Ueberdieß ist eine doppelte Versorgung jedes einzelnen Pigmentkörpers von motorischen Nerven ohne Dazwischenkunft peripherischer Ganglien — deren Existenz ich, bevor positive Ergebnisse vorliegen, entschieden in Abrede stellen muß — etwas vor der Hand so Seltsames, daß ich mich der *Bert*'schen Auffassung — zumal ich keine einzige Thatsache kenne, die zu ihren Gunsten ausgelegt werden könnte — nicht anzuschließen vermag.

Viel besser als für den Farbenwechsel der Chamäleonen dürfte die *Bert*'sche Theorie auf den Farbenwechsel bei manchen Fischen passen, d. h. aber für diese Erscheinungen auch nur dann, wenn wir ausschließlich ihren Kernpunkt berücksichtigen, welcher schon vor *Bert* von *Pouchet* so klar erfaßt wurde.

Obgleich *Pouchet* nur wenige Experimente, welche zwar auch nur theilweise Neues lieferten[1]), über den Farbenwandel bei Fischen anstellte, so hat er dieselben doch so gewählt, daß nur noch Weniges für eine gründliche Kenntniß dieser Erscheinungen zu thun übrig bleibt. Ich vermag in Allem, was ich von seinen Versuchen wiederholte und dem Alten Neues hinzufügte, nicht nur für die Richtigkeit seiner Versuchsergebnisse einzustehen, sondern auch seinen Schlußfolgerungen mich durchaus anzuschließen.

Wer seine Beobachtungen über den Farbenwechsel nicht nur

---

welche sich von dem gelben Grunde scharf abheben. Auch diese Thatsache wird mit der *Bert*'schen Theorie nur gezwungen in Einklang zu bringen sein.

[1]) *Pouchet* hat die Arbeiten seiner Vorgänger (vgl. darüber die von *Seidlitz* citirte Literatur), deren Versuche zu oft genau denselben Resultaten wie die seinigen führten, ganz unberücksichtigt gelassen.

auf die Cephalopoden oder auf die Chamäleonen oder nur auf die Fische beschränken, sondern Repräsentanten aller drei (verschiedenen Typen resp. Classen angehörenden) Thierformen in's Bereich seiner Untersuchung ziehen wird, der wird bald die Ueberzeugung gewinnen, daß hier, trotzdem die Erscheinungen äußerlich manches Uebereinstimmende bieten, doch Mechanismen vorliegen, die von einander ganz ungemein abweichen. Es sei mir deshalb gestattet, im Anschluß an meine Arbeiten über das Chromatophorenspiel bei Eledone moschata und beim Chamäleon auch dem Farbenwechsel bei Fischen eine kurze Berücksichtigung zu schenken.

Durch *Seneca*, *Stark* u. A. wissen wir, wovon auch ich mich an Pleuronectiden und Corvina nigra wiederholt überzeugte, daß manche Fische regelmäßig die Farbe ihrer Umgebung annehmen[1]), was an Cephalopoden und am Chamäleon trotz gegentheiliger Behauptungen nicht zu erkennen ist. *Pouchet* fand, daß nach Enucleation des Augapfels die Fische (Gobius) dieses Anpassungsvermögen verlieren und eine Mittelfärbung annehmen, daß dagegen die Durchschneidung des Rückenmarks erfolglos bleibt, und demnach die Impulse zu dieser Art des Farbenwechsels vom Gehirne ausgehen. Ferner habe ich mich überzeugt, daß Licht und Dunkelheit einen ganz bestimmten Einfluß auf die Chromatoblasten[2]) in der Haut der Pleuronectiden ausüben,

---

[1]) Der Beschränkung, welche diesem Satze auferlegt werden muß, hat bereits *Pouchet* (Journ. de l'anat. et de la physiol. 1872. p. 71. Anm. 2) gedacht, indem er sagt: „Pour parler le langage technique des arts, ce n'est pas la couleur même du fond que prennent les turbots: leur peau prend la valeur du fond en gardant sa nuance propre brunâtre ou verdâtre".

[2]) Als „Chromatophoren" bezeichne ich die passiv ihre Form ändernden, mit Farbstoff imprägnirten festeren Gebilde oder die mit Farbstofflösung gefüllten Säckchen, welche bei Vertebraten wie Evertebraten vorkommen und Zellen an Größe und Gestalt ähnlich sind. Die von *Pouchet* eingeführte Bezeichnung „Chromatoblasten" gebrauche ich dagegen nur dann, wenn die

daß die Thiere auf schwarzem Grunde im Lichte heller und im Dunkel dunkler werden. Ferner fand ich, daß der Einfluß von Hell und Dunkel nur am lebenden, nicht am decapitirten Fische oder gar an abgetrennten Stücken seiner Haut bemerkbar ist. Außerdem lehrte ich die merkwürdige Thatsache kennen, daß, obgleich ein Abblassen bei vielen Fischen das sichere Anzeichen eines Unwohlseins ist, durch sehr verschiedenartig wirkende Gifte (Strychnin, Coffeïn, Curare und Chinin)[1]) weder dem lebenden, noch dem decapitirten Thiere, noch der abgetrennten Haut ein bestimmtes Colorit gegeben werden kann, wie es mir doch bei Cephalopoden (Eledone, Sepia), bei Doris und auch beim Chamäleon so sicher gelang. Nur die electrische Reizung der Haut hatte bei meinen Versuchen ein circumscriptes Abblassen zur Folge gehabt, und ebenso wirkte das Bestreuen mit Kampherpulver. Auch über die Nerven, welche die Impulse vom Gehirn zu den Chromatoblasten leiten, erhalten wir durch *Pouchet*'s Versuche einen werthvollen Aufschluß. Nach Durchschneidung des nervus trigeminus oder der Rückenmarksnerven sah er bei einer Gobiusart eine Lähmung der Chromatoblasten an den von diesen Nerven versorgten Körpertheilen auftreten, und da die Vertebralnerven diesen Einfluß auf die Chromatoblasten nach *Pouchet*'s

---

diffus gefärbten oder mit pigmentirten Granulationen erfüllten zelligen Elemente selbst Contractilität besitzen, ihre Form nicht durch den Thätigkeitszustand von Muskeln bestimmt wird. Ohne daß es schon jetzt möglich wäre, in jedem Falle mit Bestimmtheit anzugeben, ob der Farbstoffträger eine Chromatophore oder ein Chromatoblast ist, werde ich doch diese, ihrem Begriffe nach grundverschiedenen Wörter stets da gebrauchen, wo mir genügende Anhaltspunkte gegeben zu sein scheinen, um sich über die Natur des Farbstoffträgers ein Urtheil bilden zu können.

[1]) Es war mir damals unbekannt gewesen, daß schon *Pouchet* in Bezug auf den Farbenwechsel bei Gobius mitgetheilt hatte: „Il ne nous a point paru que les substances toxiques, le curare, la strychnine, la morphine, la vératrine et en particulier la santonine, aient une influence sensible sur la fonction“.

früherm Versuchsergebnisse nicht vom Rückenmark aus empfangen, so mußte dieser ihnen nothwendig vom nervus lateralis oder vom großen Sympathikus aus zukommen. Die Durchschneidung des nervus lateralis blieb aber ohne Erfolg, die Zerstörung des großen Sympathikus an einem Punkte seines Verlaufs im untern Vertebralcanale bewirkte dagegen die directe Lähmung aller Chromatoblasten am hinterliegenden Körpertheile und in Folge dessen eine Dunkelfärbung der Haut. Die Zerstörung des Sympathicus in einem vordern Bezirke stieß aus anatomischen Gründen auf große Schwierigkeiten; doch gelang es *Pouchet* durch vergleichende Versuche am nervus und an der arteria submaxillaris zu zeigen, daß es der Nervenfaden (n. submaxillaris) und kein das Gefäß versteckt begleitender Nerv ist, welcher den Farbenwechsel bei Gobius vermittelt.

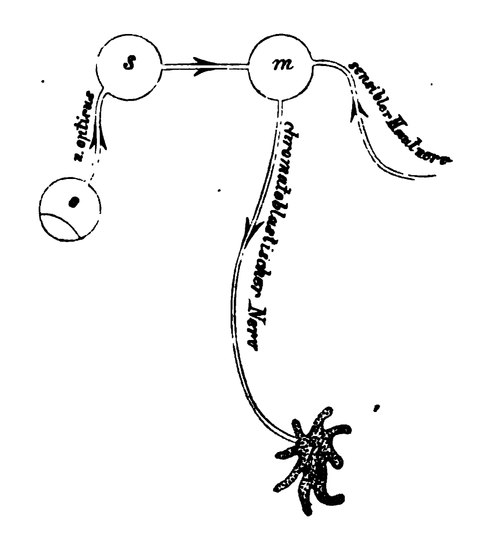


Fig. 6. Schema für den Farbenwechsel der Pleuronectiden.

Versuchen wir jetzt, auch diesen Versuchsergebnissen einen schematischen Ausdruck zu geben.

Am Tage, wo die verschiedenartigsten Reize (als deren mächtigster wohl das Licht angesehen werden muß), zugeleitet durch sensibele Hautnerven, reflectorisch durch Vermittlung des motorischen Centrums im Gehirne (*m*) auf die Chromatoblasten (*p*) wirken, besteht an diesen ein mehr oder weniger intensiver Reflextonus. Zugleich sind aber auch die Formveränderungen der Chromatoblasten vom Willenscentrum (*s*) abhängig, doch scheint

von [illegible] beschriebenen Weise am Carabus auratus zu eigener Anschauung bekannt geworden sind. Mir ist es nicht gelungen, das Smaragdgrün der Cantharidenflügel in dieses Braunroth überzuführen, welches wir im Spätjahr an Carabus auratus wahrnehmen. Man brachte die Flügeldecken [illegible] Wasser, Salzsäure oder Natronlauge eine kurze Zeit zum Sieden zu erhitzen, um diesen Farbenwechsel [illegible] zu sehen.

Neuere einschlägige Literatur.

[illegible]

Heincke, Fr. Die Gobiidae und Syngnathidae der Ostsee nebst biologischen Bemerkungen. Arch. f. Naturg. 46. Jahrg. 1880. S. 306 u. S. 323 ff.

Hoppe-Seyler, F. Physiologische Chemie. I. Theil. Allg. Biologie. Berlin. 1877. S. 25.

Klemensiewicz, R. Beiträge z. Kenntniß d. Farbenwechsels der Cephalopoden. Aus den Sitzungsb. d. k. Acad. d. Wiss. zu Wien. Bd. 78. 1878. III. Abth. Juni-Heft.

Krukenberg. Der Mechanismus des Chromatophorenspieles bei Eledone moschata. Vergl. physiol. Studien a. d. Küsten der Adria. I. Abth. 1880. S. 1—37.

Meyer, Loth. Ueber die Abhängigkeit der Gefäße u. der Pigmentzellen beim Frosch von dem Nerveneinfluß. Archiv f. path. Anat. u. Physiol. Bd. VI. 1854. S. 581—582.

Pouchet, G. Sur les rapides changements de coloration provoqués expérimentalement chez les poissons. Compt. rend. T. 72. 1871. p. 866—869.

—, Du rôle des nerfs dans les changements de coloration des poissons. Journ. de l'anat. et de la physiol. norm. et path. 8. année. 1872. p. 71—74.

—, Sur les rapides changements de coloration provoqués expérimentalement chez les Crustacés et sur les colorations bleues des poissons. Ibid. p. 401—407.

Seidlitz, G. Beiträge zur Descendenztheorie. Leipzig. 1876. Mit sorgfältig gesammelten Literaturangaben über den Farbenwechsel aller Thierclassen.

Semper, C. Die natürlichen Existenzbedingungen der Thiere. Leipzig 1880. I. Th. S. 112 ff. u. II. Th. S. 232.

Virchow, Rud. Chromatophoren beim Frosch. Arch. f. path. Anat. u. Physiol. Bd. VI. 1854. S. 266—267.

Vittich, v. Die grüne Farbe der Haut unsrer Frösche; ihre physiologischen und pathologischen Veränderungen. *Müller's* Archiv. 1854. S. 41—59.

—, Entgegnung auf *Harleß* „über die Chromatophoren des Frosches". Ibid. 1854. S. 257—264.



Vergleichend-physiologische Beiträge zur Kenntniss der Respirationsvorgänge bei wirbellosen Thieren.

In einer frühern Mittheilung[1]) erlaubte ich mir, auf den Werth der Untersuchungen thierischer Farbstoffe hinzuweisen und hob hervor, welchen Einfluß ihr Studium auf das Verständniß der Functionen auszuüben im Stande ist. Während ich mir früher die Aufgabe stellte, den Beziehungen der Körperfarbe zur Verdauung und zur Anbildung neuen Körpermaterials nachzuforschen, will ich jetzt versuchen, die Bedeutung einiger Farbstoffe für das Respirationsgeschäft zu erörtern. Um die sehr zerstreuten einschlägigen Arbeiten zu vereinigen, sei es mir gestattet, der Literatur eine eingehendere Berücksichtigung zu schenken, daraus entnommene Angaben möglichst im Wortlaut der Verfasser mitzutheilen.

Nächst dem Hämoglobin ist der am längsten und am besten bekannte Blutfarbstoff das

Hæmocyanin.

Vor mehr als dreißig Jahren machte *E. Harleß*[2]) die für die vergleichende Physiologie der Respirationsprocesse so bedeutungsvolle Entdeckung, daß die himmelblaue Farbe des Helix-

---

[1]) *Krukenberg,* Vergl. physiol. Studien a. d. Küsten d. Adria. II. Abth. S. 65.

[2]) *Harleß, E.* Ueber das blaue Blut einiger wirbelloser Thiere und dessen Kupfergehalt. *Müller*'s Archiv. 1847. S. 148 ff.

blutes im Contact mit der atmosphärischen Luft deutlicher wurde, daß sie durch Kohlensäure verschwand und nach Einleiten von Sauerstoff wieder vollkommen hervortrat. Dieß ließ sich an demselben Blut oft wiederholen. Alkohol coagulirte das Blut, und das Coagulum war farblos. Ammoniak zerstörte die blaue Farbe vollkommen, die aber bei Zusatz von etwas Salzsäure sogleich wieder zum Vorschein kam. *Harleß* schied ferner den Farbstoff aus dem Blute durch Fällen mit Thonerde ab. So dargestellt verlor er bei einer Temperatur von 40—50° C. seine blaue Farbe und wurde bräunlich, an der Luft getrocknet blieb er dagegen blau. Die Farbe wurde leicht in kochendem, durchaus nicht in kaltem Wasser, in kochendem Alkohol, schwer in kochendem Aether zerstört, und sie konnte dann durch kein Reagens wieder hergestellt werden, so wenig als nach der Zerstörung durch Chlor und Schwefelwasserstoff.

Alle diese Eigenschaften machten *Harleß* gewiß, daß die Farbe nicht einem Kupfersalze ihr Entstehen verdankt; gleichwohl schien ihm aber der Farbstoff der fast alleinige Träger dieses Metalls hier zu sein; denn der Thonerdefarbstoff hinterließ 29,53 % grüne Asche, welche sehr viel, wahrscheinlich fast die ganze Menge Kupfer, die sich überhaupt im Blute dieser Thiere fand, enthielt. Da sich der an Thonerde gebundene Farbstoff vollständig mit Wasser auslaugen ließ, so konnte *Harleß* eine Elementaranalyse desselben vornehmen, die mit möglichster Genauigkeit angestellt sein soll, da zu einer zweiten controlirenden Analyse das Material fehlte. Sie ergab:

C = 45,79
H = 5,05
N = 13,23
O = 35,93
―――――
100,00.

Die blaue Farbe des Schneckenblutes fiel *Harleß* erst zur Winterzeit auf, während er diese Erscheinung nie im Sommer hatte wahrnehmen können. Er glaubte deshalb, daß es im Hinblick auf die Experimente an dem aus dem Körper getretenen Blute sehr wahrscheinlich sei, daß innerhalb der geschlossenen Schale eine gewisse Menge freien Sauerstoffgases — ähnlich wie im Hühnerei nach *Bischoff*'s Analyse — zurückgehalten werde.

Diese Beobachtungen, so sehr geeignet den Respirationsvorgängen bei Wirbellosen experimentell näher zu treten, blieben bis vor Kurzem so gut wie unbeachtet, trotzdem fruchtlose Speculationen mannigfachster Art bezeugen, daß das Interesse für die Erforschung der Functionen auch bei den wirbellosen Thieren in den verflossenen dreißig Jahren keineswegs erloschen war. Man begnügte sich damit, die Farbe, auch wohl die Gerinnungserscheinungen des Blutes, die Form und Größe seiner zelligen Elemente weitläufig zu schildern; das Verständniß der respiratorischen Bedeutung des sog. Evertebratenblutes wurde dadurch aber selbstverständlich nicht gefördert.

Zehn Jahre nach dem Erscheinen des *Harleß*'schen Aufsatzes beobachtete *Hæckel*[1]) „einen sehr eigenthümlichen Farbenwechsel des Plasma an zwei Exemplaren von Homola Cuvieri, wo das beim Austritt aus dem lebenden Thiere ganz farblose Blut innerhalb 8—10 Stunden allmälig grau und zuletzt intensiv schwarz wurde“, und er fügt hinzu, daß „auch das hellbläuliche Blut eines Hummers nach mehreren Stunden dunkler violett war“. Näher die Eigenschaften dieser Blutarten festzustellen, lag jedoch seiner Aufgabe fern.

Trotzdem endlich über die *Harleß*'schen Untersuchungen von *Keferstein* in *Bronn*'s Classen und Ordnungen des Thierreiches (Bd. III, S. 1208) ausführlich und genau berichtet wurde.

[1]) *Hæckel, E.* Ueber die Gewebe des Flußkrebses. *Müller's* Arch. 1857. S. 511. Anm. 1.

blieben sie doch noch so lange vergessen, bis es *P. Bert* gelang, seine Landsleute für die *Harleß*'sche Behandlungsweise der Frage nach den Respirationsvorgängen der Evertebraten zu interessiren. Nach *Bert*[1]) ist das Blut bei Sepia farblos, schwach bläulich besonders in den Kiemenvenen; in Berührung mit der Luft nimmt es eine himmelblaue Farbe an. Dieser Farbenwechsel vollzieht sich (abweichend vom Wirbelthierblute) nach *Bert* in dem Blutplasma, und das an der Luft blau gewordene Blut behält nach dem Aufkochen seine blaue Farbe bei.

1873 veröffentlichten *Rabuteau* und *Papillon*[2]) ihre Versuche über die Farbenveränderung des Octopusblutes. Sie unterwarfen zuerst das hämocyaninhaltige Blut der spectralanalytischen Untersuchung und fanden, daß es keine Absorptionsbänder zeigt. Sie berichteten ferner, daß sich das Blut von Octopus an der Luft schwach bläut und seine blaue Farbe verliert, wenn ein Kohlensäurestrom hindurchgeleitet wird; daß es, wenn man es darauf vom Neuen mit Luft schüttelt, abermals blau wird. Krabbenblut, besonders das von crabe tourteau, wieß ihnen ganz gleiche Erscheinungen auf. „Rien de plus net“, bemerken sie, „que ces alternatives de coloration en bleu par l'air et de décoloration par l'acide carbonique“.

Entgegen der, wie auch ich mich überzeugte, unrichtigen Angabe von *Harleß*, daß das Blut von Eledone durch Kohlensäure blau, durch Einleiten von Sauerstoff entfärbt werde, entschieden die Versuche von *Rabuteau* und *Papillon* wenigstens soviel für die *Bert*'sche Auffassung, dergemäß das Sepienblut durch den Luftsauerstoff seine Blaufärbung erhält, als dadurch

---

[1]) *Bert, P.* Sur la physiologie de la Seiche. Compt. rend. T. 65. 1867. p. 300—303.

[2]) *Rabuteau* u. *Papillon, F.* Observations sur quelques liquides de l'organisme des Poissons, des Crustacés et des Céphalopodes. Compt. rend. T. 77. 1873. p. 137.

gezeigt wurde, daß das blaue Octopusblut durch Einleiten von Kohlensäure entfärbt, nicht daß umgekehrt das farblos gewordene durch Kohlensäure wieder gebläut wird.

Nach *Jolyet* und *Regnard*[1]) verhält sich Krabbenblut ähnlich wie das Helixblut nach *Harleß'* Untersuchungen. „Das mit Luft geschüttelte Blut zeigt eine schöne, blaue oder bräunliche Farbe, je nach der Art, wie man es prüft; allmälig verliert es seine Farbe, indem es einen röthlichen, schwach gelblichen Ton annimmt. Läßt man darauf reines Sauerstoffgas hinzutreten, so nimmt das Blut wieder seine ursprüngliche Färbung an.“ Versuche mit Natronhydrosulfit angestellt, führten zu den nämlichen Ergebnissen. Wurde das Krabbenblut mit Alkohol behandelt, so nahm der Eiweißniederschlag eine blaue Farbe an, während ein rothes Pigment in Lösung blieb. Es finden sich nach *Jolyet* und *Regnard* im Krabbenblute somit zwei Farbstoffe, ein blauer und ein rother; jener ist an Eiweiß gebunden und fällbar durch Alkohol, dieser bleibt im alkoholischen Filtrate.

1878 erschien die inhaltsreiche Arbeit von *Fredericq*[2]) über die Physiologie von Octopus vulgaris, in welcher das Blut dieses Cephalopoden eingehender als irgendwie zuvor behandelt wurde. Er zeigte, daß, wie es schon für den blauen Körper des Helixblutes angegeben war, der blaue Blutfarbstoff von Octopus ein kupferhaltiges Albuminat ist, und den er zweckmäßig Hæmocyanin nennt. *Fredericq* fand ferner unter Anwendung scharfsinniger Methoden, daß außer diesem Eiweißkörper vielleicht kein anderer im Octopusblute vorkommt, und daß deshalb auch das Hämocyanin durch Dialyse rein erhalten werden kann. Er zu-

---

[1]) *Jolyet, F.* u. *Regnard, P.* Recherches physiologiques sur la respiration des animaux aquatiques. Extr. des Archives de physiologie. 2. Sér. T. IV. 1877. p. 36 ff.

[2]) *Fredericq, L.* Sur l'organisation et la physiologie du Poulpe. Extrait des Bulletins de l'Acad. r. de Belgique. 2. Sér. T. 46. No. 11. 1878. p. 4–21.

erst stellte das Blauwerden des Cephalopodenblutes bei Sauerstoffaufnahme außer jeden Zweifel und bestätigte dessen Entfärbung bei Sauerstoffentziehung (durch Auspumpen mittelst einer *Gréhant*'schen Quecksilberluftpumpe, durch Einleiten von CO_2 oder SH_2, nach einem 1—2-tägigen Aufbewahren in zugeschmolzenen Röhren). Auch er findet bei der spectroskopischen Untersuchung keine Absorptionsbänder und kann den Farbstoff krystallisirt nicht erhalten. Ferner lehrt er uns verschiedene Mittel kennen, durch die es möglich wird, schon im lebenden Thiere diesen Farbenwechsel des Blutes zu erkennen. Wie das Hämoglobin durch Säuren in ein eisenfreies Eiweiß und in einen eisenhaltigen Körper (Hämatin) zerlegt wird, so erhält man nach *Fredericq* auch aus der Hämocyaninlösung durch Zusatz einiger Tropfen Salpeter- oder Salzsäure einen durchaus kupferfreien Eiweißniederschlag und einen in Lösung bleibenden kupferhaltigen Körper, der wahrscheinlich mit Salzsäure ungefärbte Krystallnadeln, mit Salpetersäure prismatische Krystalle bildet.

In einer spätern Arbeit hebt *Fredericq*[1]) hervor, daß der blaue Farbstoff des Hummerblutes mit Hämocyanin identisch zu sein scheint; denn auch dieser diffundirt nicht und ist ein bei Erwärmung oder durch Alkohol coagulirender Eiweißkörper, der sich mit Sauerstoff prächtig blau färbt, im Vacuum sich dagegen entfärbt und Kupfer enthält. Die sich auf das Krabbenblut beziehenden Angaben von *Jolyet* und *Regnard* passen nach *Fredericq* auch auf das Hummerblut. Dieses zeigt mit Sauerstoff geschüttelt im auffallenden Lichte eine blaue (Hämocyanin), im durchfallenden eine bräunliche Farbe (rothes Pigment). Der rothe Körper gehört nicht zu den Eiweißstoffen, ist, wennschon schwer, diffusabel, coagulirt nicht beim Kochen, auch nicht durch Alko-

---

[1]) *Fredericq, L.* Note sur le sang du Homard. Extr. des Bulletins de l'Acad. r. de Belgique. 2. Sér. T. 47. No. 4. Avril 1879.

hol, worin er sich löst, und enthält keine metallische Bestandtheile; er wechselt weder im luftverdünnten Raume noch beim Hinzutreten von Sauerstoff die Farbe und hat demnach mit dem Farbenwechsel des Blutes entschieden nichts zu thun. Der rothe Farbstoff ist nach *Fredericq* auch kein constanter Bestandtheil des Hummerblutes.

Das Blut von Arion und Helix enthält nach *Fredericq* gleichfalls einen eiweißartigen Körper, der sich an der Luft bläut, Kupfer enthält und zweifelsohne mit dem Hämocyanin identisch ist; in den an Eiweißsubstanzen außerordentlich armen Blutarten von Unio und Anodonta konnte er keinen durch Luft- oder Sauerstoffeinfluß hervorgerufenen Farbenwechsel erkennen. Auch das frische Blut von Limulus wird nach *Ray Lankester* [1]) an der Luft blau.

Ich prüfte das bläuliche Blut zweier Cephalopoden (Eledone moschata und Sepia officinalis) und mehrerer Krebsarten (Homarus vulgaris, Carcinus mænas, Eriphia spinifrons, Portunus depurator, Grapsus marmoratus, Maja verrucosa, Pilumnus villosus, Squilla mantis) und sah dasselbe beim Schütteln mit Sauerstoff und mit atmosphärischer Luft mehr oder weniger intensiv blau werden, beim Schütteln mit Kohlensäure dagegen theils sich völlig entfärben, den blauen Farbenton jedenfalls sich vermindern. Diesen Farbenwechsel habe ich an ein und derselben Blutportion acht- (Eriphia), zehn- (Squilla), ja selbst sechzehnmal (Eledone) hervorgerufen; zwar tritt er an dem gelassenen Blute später meist nicht mehr so deutlich auf, als wenn man das dem lebenden Thiere frisch entnommene Blut sogleich mit Sauerstoff und darauf mit Kohlensäure schüttelt. Es ist mir sehr wahrscheinlich, daß ein Theil

---

[1]) *Ray Lankester, E.* Motility of the spermatozoids of Limulus. Quart. Journal of micr. Science. 1878. S. 453 ff.

des Hämocyanins oder seines ungefärbten Reductionsproductes im Blute schon nach einigen Stunden ruhigen Stehens zersetzt oder unlöslich wird.

Wer die Versuche über die Eigenschaften des Hämocyanins an dem Blute der Pulmonaten beginnen und erkennen würde, daß — wie ich es oft bei Limnæus stagnalis bemerkte — das Blut zwar an der Luft blau wird, bei anhaltendem Schütteln mit Kohlensäure sich aber gar nicht oder äußerst wenig wieder entfärbt, muß nothwendig auf die Vermuthung kommen, daß diese Blaufärbung nur auf Opalescenzerscheinungen beruht. Er wird es unbegreiflich finden, daß keiner der früheren Untersucher dieser Möglichkeit gedenkt. Als ich zuerst am Blute von Helix pomatia experimentirte, blieb es mir zweifelhaft, ob feine Eiweißcoagula die Bläuung desselben bedingten, ob diese auf der Farbe trüber Medien beruhe, oder ob der blaue Farbenton des Blutes, der bei Berührung mit der Luft entschieden deutlicher hervortrat, durch ein besonderes Pigment veranlaßt wurde. Ich dampfte das blaue Helixblut bei constant 30—40° C. auf dem Wasserbade zur Trockne ein und erhielt einen blaugrünlichen, kein Eisen[1]), aber auch nur geringe Spuren von Kupfer enthaltenden Rückstand. Schon dieses Verhalten sprach gegen meine, mir anfangs über diese Erscheinung gebildete Ansicht, und seitdem ich meine Versuche auf Cephalopoden und Krebse ausdehnen und an Pulmonaten (Helix pomatia und aspersa, Limnæus stagnalis) wiederholen konnte, zweifle ich nicht mehr, daß auch in den Gastropoden, deren Blut durch den Luftsauerstoff blau wird, ein Körper existirt, der dem reducirten Hämocyanin in seinen Eigenschaften mindestens sehr nahe verwandt ist.

---

[1]) Ueber das von mir bei der Eisenbestimmung benutzte Verfahren vgl. meinen Aufsatz: Mangan ohne nachweisbare Mengen von Eisen in den Concrementen aus dem *Bojanus*'schen Organ von Pinna squamosa. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II, S. 288.

Aber viel bedeutenderen individuellen Schwankungen als bei Krebsen und Cephalopoden begegnete ich bei den einzelnen Gastropodenspecies. Das Blut des einen Thieres blieb bei Berührung mit der Luft oder nach dem Schütteln mit Sauerstoffgas durchaus farblos; das eines andern färbte sich unter diesen Umständen zwar mehr oder weniger blau, ließ sich aber durch Einleiten von Kohlensäure, Kohlenoxyd oder Wasserstoffgas nicht wieder entfärben, und nur in seltenen Fällen (am häufigsten bei Helix aspersa; auch am Blute von Helix pomatia konnte ich zwei- oder dreimal das Erscheinen und Verschwinden der Blaufärbung sicher beobachten) war der Farbenwechsel fast ebenso deutlich wie bei den Krebsen und Cephalopoden. Unverständlich ist es mir zwar geblieben, weshalb sich — so abweichend von meinen Erfahrungen an Cephalopoden und Krebsen — der an der Luft eingetretene blaue Farbenton im Blute einiger Pulmonaten (speciell bei Limnæus stagnalis) so widerstandsfähig den reducirenden Gasen (CO_2, CO und H) gegenüber verhält; möglich, daß in dem Hämocyanin des Blutes von Gastropoden der Sauerstoff fester als in dem Hämocyanin des Krebs- und Cephalopodenblutes gebunden ist. Allmälig nimmt aber auch im Limnæusblute die Blaufärbung spontan wieder ab.

Ich habe zuerst den Einfluß von Gasen, mit welchen das Hämoglobin lose Verbindungen eingeht oder durch die es seines Sauerstoffs beraubt wird, auf das Hämocyanin weiter verfolgt und meine Resultate bereits mitgetheilt[1]). Ich fand, daß das hämocyaninhaltige Blut (von Cephalopoden und Krebsen) beim Schütteln mit Kohlensäure, Kohlenoxyd oder Wasserstoffgas entbläut

[1]) *Krukenberg*, Zur Kenntniß des Hämocyanins u. seiner Verbreitung im Thierreiche. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1880. No. 23. Die von mir in dieser vorläufigen Mittheilung gegebenen kurzen historischen Notizen entsprechen nicht vollständig dem Thatbestande und seien deshalb durch die hier aufgeführten und sorgfältig gesammelten Literaturangaben berichtigt.

wird, daß sich aber in jedem Falle die blaue Farbe durch Schütteln mit sauerstoffhaltiger Luft sehr rasch wieder hervorbringen läßt. Am raschesten schien mir die Entbläuung durch Kohlensäure zu erfolgen, und abweichend von dem Verhalten des Hämoglobins färbte sich auch das mit reinem, von Kohlensäure durchaus freiem Kohlenoxydgas gesättigte und dadurch farblos gewordene Blut beim Schütteln mit atmosphärischer Luft schnell wieder blau. Die Sauerstoffzehrung des hämocyaninhaltigen Blutes war bei einigen meiner Versuche (Blut von Squilla, Eledone, Eriphia) eine ziemlich bedeutende; denn schon nach wenigen Stunden ruhigen Stehens in einem gut verschlossenen Gefäße hatte sich das mit Sauerstoff gesättigte, tiefblaue Blut entfärbt. Ließ ich das durch Sauerstoffaufnahme blau gewordene Blut in einem Probirröhrchen an der Luft stehen, so verschwand die Blaufärbung nicht in der Richtung von oben nach unten, sondern stets entfärbte sich zuerst die untere Schicht der Flüssigkeit, während an der Oberfläche, an der Berührungsfläche mit der atmosphärischen Luft das Blut am längsten seinen blauen Farbenton bewahrte. Aus diesem Versuchsergebnisse geht mit Evidenz hervor, daß nicht im Blute suspendirte Theilchen die Bläuung bewirken, sondern daß diese in der Gegenwart eines Chromogens, das durch Sauerstoffaufnahme blau wird, ihren Grund hat.

Nach dem Schütteln mit Schwefelwasserstoffgas färbte sich das blaue Krebs- und Eledoneblut schwach gelblich und verlor zugleich die Eigenschaft durch Sauerstoffaufnahme blau zu werden. Der blaue Blutfarbstoff der Cephalopoden erwies sich mit dem der Crustaceen als völlig identisch; das blaue Blut der Eledone wich in seinem Verhalten gegen Sauerstoff und Kohlensäure auch von dem Helixblute (nach *Harleß'* Angabe) nicht ab. Ich bestätigte die Angaben von *Rabuteau*, *Papillon* und *Fredericq*, daß sowohl in dem mit Sauerstoff gesättigten, tiefblauen hämocyaninhaltigen Blute wie in dem durch Reduction farblos

Absorptionsbänder erkennbar gewesen wären, vermochte *Ray Lankester* nicht darzustellen, — offenbar, wie er glaubt, wegen der Unbeständigkeit dieses Körpers; aber durch Behandlung mit Cyankalium und Schwefelammonium will er damit das von *Preyer*[1]) entdeckte Spectrum des fraglichen Cyanwasserstoffhämoglobins erhalten haben. Ich finde freilich zwischen den von *Preyer* und den von *Ray Lankester* abgebildeten Spectren (vgl. Fig. 7, 3 u. 4) keine große Uebereinstimmung, auch schon *Preyer*[2]) war die Identität beider Körper fraglich.

Auf Zusatz von Cyankalium, sagt *Ray Lankester* weiter, verschwinden nach schwacher Erwärmung die Bänder des Chlorocruorins vollständig; wird dazu Schwefelammonium gesetzt, so erscheint sogleich ein dunkles Band, welches an derselben Stelle liegt, wie das Hauptband des Chlorocruorins; es ist aber dem blauen Ende des Spectrums zu dunkler als jenes. Allmälig verschwindet dieses Band, und statt seiner erscheinen zwei gleich starke Bänder, der Lage nach identisch (?) mit denen des Cyanosulphäms. Das anfangs auftretende Band erlöscht später vollständig, und die grüne Lösung wird roth. Die Bänder stehen, soviel sich bestimmen ließ, nicht genau an derselben Stelle und zeigen nicht dieselbe Stärke wie die des reducirten Hämatins von *Stokes*; aber sie verschwinden im Laufe des Tages vollständig aus der Lösung. So will *Ray Lankester* die sehr interessante Thatsache festgestellt haben, daß das Hämoglobin und das Chlorocruorin eine gemeinsame Grundsubstanz im Cyanosulphäm und vielleicht auch im reducirten Hämatin von *Stokes* besitzen, was ich aus angeführtem Grunde bezweifeln muß.

b) Hämerythrin.

Bei seinen Untersuchungen an dem Blute von Phascolo-

1) *Preyer, W.* a. a. O. Tafel I. No. 12.

2) *Preyer, W.* a. a. O. S. 9.

soma elongatum, eines Gephyreen, fiel *Gustav Schwalbe*[1]) ein Farbenwechsel auf, worüber er uns Folgendes mittheilt:

„Die eben aus dem Körper entleerte Leibesflüssigkeit des Phascolosoma elongatum ist hell rosa oder matt grauröthlich gefärbt und in Folge ihres reichlichen Gehalts an morphotischen Elementen nicht klar und durchsichtig, sondern milchig trübe. Läßt man die Flüssigkeit eine Zeit lang an der Luft stehen, so zeigt sich eine höchst auffallende Erscheinung: sie wird allmälig dunkler und dunkler und nimmt schließlich eine intensiv burgunderrothe Farbe an. Meine Versuche, durch Behandlung des Blutes mit Wasser den Farbstoff in Lösung zu bringen und vielleicht in krystallinischer Form unter dem Mikroskope erscheinen zu sehen, waren erfolglos. Es gelang mir auch auf keine andere Weise, Farbstoffkrystalle aus dieser Flüssigkeit zu erhalten. Bei längerm Stehen des Blutes an der Luft verschwindet nach und nach die schöne rothe Farbe wieder und geht in ein schmutziges Braun über, offenbar ein Zeichen beginnender Zersetzung des Farbstoffes. Beim Eintrocknen endlich nimmt das Ganze eine schmutziggrüne Farbe an.“

Eine Gerinnung des Blutes beobachtete *Schwalbe* nicht. Beim ruhigen Stehen im Uhrgläschen bildete sich eine obere ungefärbte, körperchenfreie Schicht und darin ein burgunderroth gefärbter Bodensatz von zelligen Elementen. Diese Beobachtungen lehrten:

1. daß der Farbstoff nicht der Flüssigkeit, sondern den zelligen Elementen anhaftet, und

2. daß letztere ein großes Senkungsvermögen besitzen, also specifisch schwerer als das Serum sind.

Die perienterische Flüssigkeit von Sipunculus nudus, auf welche ich meine Untersuchungen beschränken mußte, verhält sich

[1]) *Schwalbe, G.* Kleinere Mittheilungen z. Histologie wirbelloser Thiere. Arch. f. mikr. Anat. Bd. V. 1869. S. 248 ff.

genau so, wie es *Schwalbe* von dem sog. Blute des Plascolosoma angibt. Sie zeigt, dem lebenden Thiere durch einen Einschnitt in den Hautmuskelschlauch frisch entnommen, eine mehr oder weniger rothe Farbe, gerinnt nicht spontan beim Aufbewahren an der Luft, setzt aber einen starken Bodensatz ab, an dem sich zwei Lagen schon durch ihre verschiedene Färbung dem unbewaffneten Auge bemerkbar machen. Die untere Schicht ist oft ganz weiß gefärbt und besteht größtentheils aus den Geschlechtsproducten (Eier und Sperma), die obere mehr oder weniger rothe und nicht so mächtige Schicht enthält vorwiegend die scheibenförmigen, unter dem Mikroskope blaßröthlich tingirt erscheinenden Blutkörperchen. Durch die mikroskopische Untersuchung der unter gewissen, später näher zu erörternden Bedingungen tiefroth gefärbten oberen Schicht überzeugt man sich leicht, daß das Blutroth hauptsächlich durch die scheibenförmigen Blutkörperchen und nicht von den sehr wenig gefärbten Eiern veranlaßt wird. Außer den runden Blutkörperchen finden sich in der Flüssigkeit noch eigenthümliche glockenförmige Gebilde, welche sich lebhaft bewegen, und welche die an ihren Randfädchen oft in großer Menge haftenden Blutscheiben im lebenden Thiere wohl nach allen Richtungen des Körpers hinzukarren haben. Ihre Bewegung erhält sich in dem Blute sehr lange; trotz einer Tagestemperatur von etwa 20° *R.* sah ich diese Glöckchen sich in dem zwei Tage lang ruhig an der Luft gestandenen Blute sehr lebhaft bewegen. Es erinnerten mich diese, sich in dem Blute munter tummelnden Gebilde, welche man auch für parasitäre Wesen angesehen hat, sehr an die von *Claparède*[1]) als Hämamöben beschriebenen wander-

[1]) *Claparède, É.* Studien an Acariden. Zeitschr. f. w. Zool. Bd. XVIII. 1868. S. 477 ff.

An die Schilderung seiner Hämamöben knüpft *Claparède* folgende sinnige Betrachtung (S. 478): „Bei Atax, wie überhaupt bei Acariden, fehlt jegliche Spur von Herz und Gefäßen. Das Blut umspült die Organe

zellenartigen Körper, welche er in großer Menge in der Hülle und zwischen den Organen von Atax Bonzi (auf verschiedenen Entwicklungsstufen, ja selbst bei ausgebildeten Individuen), einem Unioschmarotzer, umherkriechen sah, und die er auch bei anderen Hydrachniden und bei Listrophorus Leuckarti, einer nicht im Wasser lebenden Acaride, wiederfand.

Die Farbenveränderung, welche *Schwalbe* von dem Blute des Phascolosoma beschreibt, beobachtete ich in gleicher Weise an dem Blute von Sipunculus nudus; je nach der Menge der dem Blute beigemischten Geschlechtsproducte trat die Rothfärbung mehr oder weniger stark hervor; im günstigsten Falle erschien ein bräunliches Roth, ähnlich dem des Colcothars.

Ich habe mich überzeugt, daß es der Sauerstoff der Atmosphäre ist, der diese Rothfärbung des Blutes hervorruft; denn diese sah ich entschieden rascher und nicht weniger prägnant eintreten, wenn ich das Blut statt mit atmosphärischer Luft mit reinem Sauerstoffgase schüttelte; sie stellte sich jedoch nicht ein, wenn ich das schwach gefärbte Blut mit Kohlensäure oder Wasserstoff sättigte. Das einmal tiefroth gewordene Blut, welches spectroskopisch untersucht keine Absorptionsbänder erkennen ließ, behielt in bis zum Glasstopfen gefüllten Gläsern bisweilen tagelang

---

und tränkt deren Gewebe. Ein eigentlicher Kreislauf fehlt mithin vollständig, und es treten nur die langsamen Wanderungen der Hämamöben als vicariirende Erscheinung dafür auf. Bei anderen herz- und gefäßlosen Thieren finden wir entweder Flimmerorgane" (Cestoden, bei Glycera nach *Claparède* und bei Lingula nach *Semper*) „oder Contractionen der Leibeswand" (Rotatorien, Bryozoen; Rhodope und Pontolimax unter den Mollusken) resp. regelmäßige Schwingungen des Darmcanals" (Cyclops, Achtheres, Lernanthropus), „welche einen mehr oder weniger effectiven Blutkreislauf zu Stande bringen. Hier aber fallen diese Ersatzfunctionen weg, selbst die zweite; denn die Leibeswand ist meist ziemlich starr. Die Wichtigkeit der Bewegungen der Hämamöben scheint mir demnach nicht zu hoch angeschlagen werden zu können."

die rothe Farbe bei, wennschon dieselbe an Intensität allmälig bemerkbar abnahm; es bedurfte aber selbst dann, wenn es soeben durch Sauerstoffaufnahme tiefroth geworden war, nur eines wenige Minuten fortgesetzten Schüttelns mit Kohlensäure, um dasselbe wieder zu entfärben. Durch Schütteln mit Sauerstoff wird das durch Kohlensäure entfärbte Blut schnell wieder roth. Chemisch reines Kohlenoxyd- und Wasserstoffgas scheinen mir keinen großen Einfluß auf das rothe Blut auszuüben; doch ist es möglich, daß die Sauerstoffaustreibung durch diese Gase nur langsam von Statten geht, und ich die Versuche deshalb nicht hinreichend lange ausgedehnt habe; denn gewöhnt an die schnelle Entfärbung der Hämocyaninlösung unterbrach ich das abwechselnde Einleiten und Schütteln schon nach 3—5 Minuten. Zwar könnte das Kohlenoxydgas ähnlich dem Sauerstoff auf das Chromogen des Sipunculusblutes wirken, dasselbe in einen ähnlichen rothen Farbstoff überführen, als es durch den Sauerstoff geschieht; auch die Entscheidung dieser Frage muß späteren Untersuchungen überlassen bleiben.

Ich werde den rothen Sauerstoffträger des Sipunculusblutes, welcher ohne Zweifel mit dem Blutfarbstoffe des Phascolosoma und vielleicht noch sehr vieler anderer Gephyreen[1]) identisch

---

[1]) Nach *Keferstein* (Beitr. z. anat. u. systemat. Kenntniß der Sipunculiden. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XV, S. 411 ff.) ist das Blut der Sipunculiden überhaupt röthlich gefärbt und scheint diese Färbung sicherlich bei den meisten Arten dem Hämerythrin zu verdanken. Einer erneuerten Untersuchung würde das in den Blutkörperchen von Phoronis abgelagerte rothe Pigment bedürfen, welches nach *Ray Lankester* Hämoglobin ist, mir aber auch Hämerythrin zu sein scheint. — Ob auch die von *Keferstein* (Unters. üb. niedere Seethiere. Z. f. wiss. Zoolog. Bd. XII. S. 125) beschriebenen rothgefärbten Blutkörperchen des Capitella rubicunda, sowie die nach *Quatrefages* (Ann. d. scienc. nat. Zoolog. 3. Sér. T. XIV. 1850. p. 281) u. *Keferstein* (a. a. O. S. 105) rothen Blutkörperchen von Glycera nicht Hämoglobin, sondern Hämerythrin enthalten, wie theilweise *Schwalbe* (a. a. O. S. 249. Anm.) als Vermuthung aussprach, ist mir wegen der von Sipunculus so entfernten systematischen Stellung dieser Würmer vorerst noch sehr fraglich.

gefunden werden wird, fernerhin **Hämerythrin** nennen und sein zugehöriges Chromogen **Hämerythrogen**, wie ich dem entsprechend das Chromogen des **Hämocyanins** als **Hämocyanogen**[1]) bezeichne.

Das Hämerythrin wird wie das Hämocyanin durch Schütteln mit Schwefelwasserstoff zersetzt, und das Blut ist alsdann nicht wieder roth zu erhalten. Um zu erfahren, ob die Kohlensäure auf das Hämerythrin vielleicht nur als Säure wirke, untersuchte ich, wie sich der Blutfarbstoff von Sipunculus gegen Salzsäure verhält. Wurde das normal alkalisch reagirende Blut mit Salzsäure angesäuert, so entfärbte es sich sehr bald, und der so einmal verschwundene rothe Farbenton ließ sich durch Ammoniak und Schütteln mit Sauerstoff nicht regeneriren. Demnach scheint die Kohlen-

---

[1]) Wie es widersinnig erscheinen müßte, wenn man das Indigweiß Indigblau und den daraus durch Einwirkung des Sauerstoffs entstandenen blauen Farbstoff, den Indigo, Sauerstoffindigblau oder dergleichen mehr genannt haben würde, so muß es als unlogisch auffallen, wenn *Fredericq* das Chromogen des Hämocyanins kurz Hämocyanin und den daraus unter Sauerstoffaufnahme entstandenen Farbstoff Oxyhämocyanin nennt. Er will dadurch die Verwandtschaft des Hämocyanins mit dem Hämoglobin angedeutet haben, — eine Verwandtschaft aber, die in dieser Art nicht existirt, und der deßhalb auch in der Bezeichnung kein Ausdruck zu geben ist. Das (reducirte) Hämoglobin ist kein Chromogen, sondern ein Farbstoff, ebenso gut wie das Oxyhämoglobin. Das Hämocyanogen dagegen ist wie das Indigweiß, wie die Muttersubstanzen der Orseille- und Tournesolfarbstoffe, wie der am Lichte purpurfarbig werdende Körper in dem Purpurdrüsensecrete der Murex etc. (vergl. *Lacaze-Duthiers*, Mémoire sur la pourpre. Ann. d. scienc. nat. Zoolog. 4. Série. T. 12. 1859. p. 5—84 u. *Schunk*, Notiz über den Purpur der Alten. Ber. d. d. chem. Gesellsch. Bd. XII. 1879. S. 358) ein Chromogen, an dem nichts cyanenhaftes zu sehen ist. Nur dadurch unterscheiden sich das Hämocyanogen und das Hämerythrogen von den meisten übrigen bekannten Chromogenen, daß sie sowohl durch Sauerstoffaufnahme rasch in ein Pigment übergehen, als durch Sauerstoffabgabe auch leicht wieder rückzuverwandeln sind. Nur diese Eigenschaft, über die sein ihm von *Fredericq* gegebener Name nichts aussagt, nähert das Hämocyanin (wie das Hämerythrin) in seiner physiologischen Bedeutung so außerordentlich dem Hämoglobin.

säurewirkung auf das Hämerythrin mit der, welche die Salzsäure an ihm hervorbringt, nicht identificirt werden zu dürfen, sondern wird vielmehr auf einen Desoxydationsproceß bezogen werden müssen, und dieses wohl mit um so größerem Rechte, als wir auch das sehr deutlich alkalische Blut im lebenden Thiere nur wenig gefärbt sehen. Durch einen geringen Zusatz von Ammoniak wird die Farbe des rothen Blutes kaum beeinträchtigt; bei reichlichem Ammoniakzusatz gesteht aber das ganze Blut zu einer zähen Gallerte, der der Kieselsäure im Aussehen täuschend ähnlich, die meist nur durch einige opake Gerinnsel an der Oberfläche getrübt wird, im übrigen aber durchsichtig und fast farblos ist. Diese gallertige Beschaffenheit der Masse veränderte sich auf Zusatz reichlicher Salzsäuremengen wenigstens nach 1—2 Stunden nicht.

Das durch Filtration von den Blutkörperchen und den Geschlechtsproducten geschiedene Serum zeigte bei Berührung mit der Atmosphäre keinen Farbenwechsel; beim Kochen verwandelte es sich aber in einen weißen, käsigen Brei, welcher kaum einen Flüssigkeitstropfen äußerlich erkennen ließ.

Die große Zahl von Eiern, welche im Blute des Sipunculus suspendirt waren, veranlaßten mich, die Versuche über die Reindarstellung des Hämerythrins aus den Blutscheiben auf eine günstigere Zeit des Jahres zu verschieben; nur soviel vermag ich schon jetzt darüber anzugeben, daß der Farbstoff, wie bereits *Schwalbe* wußte, sehr schwer in Wasser übergeht. Durch Zerreiben des rothen, im Blute entstandenen Bodensatzes und Auslaugen mit destillirtem Wasser konnte ich den Farbstoff nicht in Lösung bringen. Auch mit Eisessig und Kochsalz habe ich beim Erwärmen aus den rothen Blutkörperchen keine den Häminkrystallen ähnliche Gebilde entstehen sehen; das Hämerythrin wurde durch die Säure rasch zersetzt und entfärbt.

Wie mir schon die an dem rothen Sipunculusblute mit Kohlensäure ausgeführten Schüttelversuche wahrscheinlich mach-

ten, ist der Sauerstoff im Hämerythrin fester gebunden als im Oxyhämoglobin. Das ergibt sich mit Evidenz aus folgendem meiner Versuche: Sperlingsblut wurde mit soviel Wasser verdünnt als dazu genügte, in ihm die beiden Absorptionsbänder des Oxyhämoglobins spectroskopisch scharf zu erkennen. Der Boden eines durch einen Glasstopfen verschließbaren Glascylinders wurde alsdann mit etwa 2 Cb.-Ctm. des tief burgunderrothen Bodensatzes, der sich aus dem mit Sauerstoff gesättigten Sipunculusblute abgesetzt hatte, bedeckt, das Gefäß bis zum Rande mit dem verdünnten Vogelblut gefüllt, durch den Glasstopfen verschlossen und die rothen Sipunculusblutscheiben durch Schütteln in der Flüssigkeit gleichmäßig vertheilt. Die spectroskopische Untersuchung lehrte, daß gleich nach dieser Manipulation die beiden Absorptionsbänder wie zuvor scharf erkennbar waren; aber nach 3—4 Stunden erwies sich die Hämoglobinlösung als reducirt, während die Blutkörperchen des Sipunculus noch sieben Stunden später von ihrem rothen Aussehen nichts Bemerkbares eingebüßt hatten.

Gréhant[1]) war wohl vorzugsweise durch seine gasometrischen Analysen, welche er (vor und nach dem Aufenthalte von Fischen) an Seinewasser ausgeführt hatte, zu dem Schlusse gekommen, daß die Respiration eines Fisches, dessen Kiemen in Blut tauchen, ganz vergleichbar sei der Respiration des Fötus bei den Säugethieren. Ich[2]) und *Hoppe-Seyler*[3]) haben unabhängig von einander bewiesen, daß *Gréhant*'s Schlußfolgerung für die Ath-

---

[1]) *Gréhant, N.* Recherches sur la respiration des poissons. Compt. rend. T. 74. 1872. p. 621—624.

[2]) *Krukenberg,* Vergl. physiol. Studien a. d. Küsten d. Adria. I. Abth. S. 160—164.

[3]) *Hoppe-Seyler, F.* Weitere Mittheilungen über die Eigenschaften des Blutfarbstoffs. Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. I. 1877—1878. S. 121 u. Physiologische Chemie. III. Theil. 1879. S. 578.

mung der Fische unrichtig ist. Die Untersuchungen von *Kühne*[1]), *Engelmann*[2]) und *Binz*[3]) haben aber einstimmig gelehrt, daß Flimmerzellen und gewisse niedere Organismen (z. B. Hefe) in der That befähigt sind, der Oxyhämoglobinlösung, ja selbst Chloraten und Nitraten (*Pasteur*) ihren Sauerstoffbedarf zu entnehmen[4]). Es fragte sich nur noch, ob dieses Vermögen auch höher organisirten Evertebraten zukommt. Die ersten Versuche zur Lösung dieser Frage sind von mir auf der k. k. zoologischen Station zu Triest ausgeführt und wurden von mir in folgender Weise vorgenommen:

Drei durch Glasstopfen verschließbare Gläser, jedes von 85 Cb.-Ctm. Fassung, füllte ich bis zum Rande mit frischem Meerwasser, welches mit Sperlingsblut versetzt war, und in dem die beiden Streifen des Oxyhämoglobins spectroskopisch außerordentlich schön zu sehen waren. In jedes Gefäß kam ein Sipunculus nudus. Die Flüssigkeit reichte genau bis unter den Glasstopfen des verschlossenen Gefäßes. Ich prüfte, nachdem die Gephyreen in die Gläser gebracht waren, die überstehende Flüssigkeit spectroskopisch und erkannte darin die beiden Oxyhämoglobinstreifen mit derselben Deutlichkeit wie zuvor. Schon nach drei bis vier Stunden bemerkte ich in einem Gefäße das Zusammentreten der beiden Absorptionsbänder, nach sieben Stunden war dieses in allen drei Gläsern gut zu sehen; aber trotzdem lebten die Gephyreen. Ausgiebigere Bewegungen schienen von ihnen zwar gemieden zu

---

[1]) *Kühne, W.* Ueber den Einfluß der Gase auf die Flimmerbewegung. Arch. f. mikr. Anat. Bd. II. 1866. S. 374.

[2]) *Engelmann, Th. W.* Ueber die Flimmerbewegung. Jenaische Zeitschr. f. Medic. u. Naturw. Bd. IV. 1868. S. 371.

[3]) *Binz, C.* Ueber Reduction des chlorsauren Kalis. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmac. Bd. X. 1879. S. 153—158.

[4]) Ueber analoge Erscheinungen und die intramoleculare Athmung bei Pflanzen vergl. *W. Pfeffer,* Das Wesen und die Bedeutung der Athmung in der Pflanze. Landwirthschaftl. Jahrb. Bd. VII. S. 805—834.

werden, doch reagirten alle auf eine Ortsveränderung des Gefäßes durch mehrmaliges Sichwenden oder durch Schlängelungen.

Ich getraute kaum meinen Augen, als ich Tags darauf, nach Verlauf von abermals sechzehn Stunden, die bei Seite gestellten, aber fest verschlossen gehaltenen Gläser in die Hand nahm und alle drei Thiere sich noch bewegen sah. Die spectroskopische Untersuchung des Blutwassers lehrte, daß von den beiden Bändern des Oxyhämoglobins nichts mehr zu sehen war; sie waren zu dem Absorptionsbande des reducirten Hämoglobins zusammengeflossen.

Welches ist die Ursache, daß das Oxyhämoglobin in dem Meerwasser bei diesen Versuchen reducirt wurde, wirkten Bestandtheile des Meerwassers, die darin lebenden Gephyreen oder gewisse, während der langen Dauer dieser Versuche nicht unzersetzt gebliebene Elemente des Vogelblutes desoxydirend auf das Oxyhämoglobin? Bei zwei, der Controle wegen ausgeführten Versuchen, wo ich das Blut nur mit frischem Meerwasser versetzt und in verschlossenen Gefäßen, jedes gleichfalls 85 Cb.-Ctm. fassend, aufbewahrt hatte, war auch am zweiten Tage eine Reduction des Oxyhämoglobins spectroskopisch nachzuweisen; aber so schnell wie in den Gläsern, in welchen sich die Gephyreen befanden, sah ich die Reduction in reinem Meerwasser sich nicht vollziehen, obgleich dasselbe doch bei allen Versuchen ein und dieselbe Beschaffenheit hatte.

Mag man nun dieses und eines [1]) meiner früheren Versuche wegen annehmen, daß das Oxyhämoglobin durch die Athmung der Gephyreen reducirt oder daß ein großer Theil dieser Reductionserscheinung durch zersetzende Bestandtheile des Meerwassers verursacht wird, so wird man doch wohl zugestehen müssen, daß Sipunculus in einem Meerwasser stundenlang zu leben vermag,

[1]) Vergl. S. 89.

welches sehr arm an Sauerstoff ist, und dessen Sauerstoffgehalt theilweise durch andere Substanzen, wenn schon chemisch locker gebunden, bereits in Beschlag genommen ist.

Da wir voraussetzen dürfen, daß bei jeder Muskelcontraction, welche wir an dem Sipunculus unter diesen normwidrigen Verhältnissen ablaufen sehen, Sauerstoff verbraucht wird, so ergibt sich daraus von selbst, daß diese Würmer entweder befähigt sind, ihren Sauerstoffbedarf sauerstoffhaltigen Verbindungen der Umgebung — in diesem Falle speciell dem Oxyhämoglobin — zu entziehen, oder daß sie Substanzen in ihrem Körper führen, welche ihren Sauerstoffvorrath an die arbeitenden Gewebe, speciell an die Muskeln, abtreten können. Daß Substanzen letzterer Art im Organismus wirklich existiren, zeigten bekanntlich *Pettenkofer* und *Voit* wie *L. Hermann* für die Muskeln, *Bernard*[1]) hat es für die Speicheldrüsen höherer Thiere wahrscheinlich gemacht, *Pflüger*[2]) für den Frosch und ich[3]) für einen Wurm (Lumbricus) durch unzweideutige Versuchsergebnisse bewiesen. Einen derartigen Körper, welcher befähigt ist, Sauerstoff chemisch locker zu binden, um ihn den vorzugsweise lebensthätigen Zellen des Organismus weiterhin zur Verfügung zu stellen, haben wir im Hämerythrin bei Sipunculus kennen gelernt, und dessen Eigenschaften lassen zugleich darauf schließen, daß auch die oben ausgesprochene Möglichkeit: eine Desoxydation von chemischen Verbindungen der äußern Umgebung durch den Athmungsproceß dieses Wurmes thatsächlich existirt. Hier würden, um zu erfahren, wie weit das Reductionsvermögen der athmenden

---

[1]) *Bernard, Cl.* Leçons sur les phénomènes de la vie etc. T. I. Paris. 1878. p. 171.

[2]) *Pflüger*, Ueber die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen. Arch. f. d. gesammte Physiol. Bd. X. 1875. S. 313 ff.

[3]) *Krukenberg*, Vergl. physiol. Studien a. d. Küsten d. Adria. I. Abth. S. 165—167.

Flächen von Sipunculus überhaupt reicht, die von mir[1]) für Süßwasserfische projectirt gewesenen Versuchsreihen einzusetzen haben, zu deren exacter Ausführung an Meeresthieren es aber vielfacher Modificationen bedarf, und die deshalb von mir bislang nicht angestellt werden konnten.

So überflüssig diese Auseinandersetzungen manchem erscheinen müssen, so glaubte ich sie deshalb nicht unterlassen zu dürfen, weil bei Zoophyten die Verhältnisse ganz andere zu sein scheinen, als bei den soeben betrachteten Wirbellosen. Die soeben mitgetheilten Versuche führte ich auch an einigen Actinien (Sagartia parasitica, Anthea Cereus, Actinia mesembryanthemum) aus und gelangte dabei zu dem nämlichen Resultate, während ich mich auch an Meerfischen (Blennius viviparus, Hippocampus brevirostris) nicht von der Richtigkeit der *Gréhant*'schen Angabe[2]) überzeugen konnte, daß das dem Meerwasser zugesetzte Oxyhämoglobin durch ihre Kiemenathmung reducirt wird. Die Fische gingen alle in kurzer Zeit in dem Blutwasser zu Grunde, während die Lösung noch äußerst deutlich die beiden Absorptionsbänder des Oxyhämoglobins, nicht die des reducirten nach ihrem Tode zeigte. Anders verhielt sich aber Anthea Cereus und merkwürdiger Weise auch die gegen abgestandenes Meerwasser so empfindliche Sagartia parasitica. Wie Sipunculus erlebten diese Actinien in ihrer engen Behausung von 140 Cb.-Ctm. Rauminhalt, welche ihnen die mit dem Blutwasser bis zum Stopfen gefüllten Gläser boten, den zweiten Tag, während das Oxyhämoglobin sich schon am Abende des ersten Tages als reducirt erwies. Diesem Versuche entnehme ich, daß die Actinien wie die Flimmerzellen an den Kiemen der Anodonta thatsächlich befähigt sind, das Oxyhämoglobin zu redu-

---

[1]) Ibid. I. Abth. S. 162 ff.

[2]) *Gréhant*, a. a. O. p. 623 u. 624.

ciren, indem ich mich bei dieser Schlußfolgerung noch auf das Ergebniß des folgenden Versuches stütze.

Brachte ich verschiedene, durch Meerwasser feuchtgehaltene Actinien (Actinia mesembryanthemum, Sagartia troglodytes, Anthea cereus) in eine reine Kohlensäure-, Kohlenoxyd- oder Wasserstoffgasatmosphäre, so erlosch an ihnen in wenigen Minuten jede Bewegung; dieselbe trat aber sehr bald wieder ein, wenn ich die Actinien an die atmosphärische Luft brachte und das Wasser durch frisches ersetzte. Dieselben Erscheinungen lassen sich in noch viel schlagenderer Weise an den Medusen beobachten.

Eimer's Sectionsversuche[1]) an Aurelia aurita führten bekanntlich zu dem interessanten Resultate, daß sich alle mit einem oder mehreren Randkörpern im Zusammenhang befindlichen muskulösen Theilstücke dieser Meduse auf das lebhafteste rhythmisch contrahiren. Zerlegte ich eine Aurelia aurita in ihre Octanten, so führte jedes Achtel vollkommen normale Contractionen aus, die ihre Regelmäßigkeit in frischem Meerwasser während einiger Stunden durchweg bewahrten. Eine dieser Achtelmedusen brachte ich in eine Porzellanschale, in welcher sich gerade soviel Meerwasser befand, als nöthig war, um ihre Oberseite feucht zu erhalten, und bedeckte die Schale mit einem Trichter derart, daß der Trichterrand die Meduse völlig umgab. Die Trichterspitze wurde mit einem Kautschukschlauche verbunden, dessen anderes Ende mit einem Kohlensäureentwicklungsapparate in Verbindung gebracht war, und der jetzt in Thätigkeit versetzt wurde. Als die Kohlensäure in regelmäßigem Strome den Trichter durchströmte, und etwa in jeder Secunde der Trichterrand durch die entweichenden Gasblasen emporgehoben wurde, währte es nicht lange, daß die rhythmischen Contractionen an der Aurelia er-

[1]) *Eimer, Th.* Die Medusen. Tübingen. 1879. S. 17 ff.

lahmten. Während an Aurelia die Zusammenziehungen in der ersten bis zweiten Minute bei meinen Versuchen an Energie und Tempo kaum etwas eingebüßt hatten, so trat an ihnen nach dieser Zeit doch eine bemerkbare Veränderung ein. Die Muskeln begannen langsamer und unregelmäßiger zu arbeiten, und nach etwa drei Minuten trat absoluter Stillstand ein. Ich setzte das Durchleiten der Kohlensäure abermals 5—12 Minuten fort, das Medusenstück, an dem sich die Muskeln so kräftig bewegt hatten, führte keine Contractionen in der Kohlensäureatmosphäre mehr aus. Ich brachte darauf die Aurelia aus der Kohlensäure in gewöhnliche Luft, wechselte das Wasser und sah nach 2—5 Minuten die Contractionen schon wieder beginnen, die nach 5—10 Minuten ihre frühere Rhythmik durchaus wiedererhalten hatten.

Diesen völlig entsprechend (sowohl was die Zeit eintretender Muskellähmung, als wie die Zeit der Erholung betrifft) fielen die Ergebnisse meiner Versuche aus, welche ich in derselben Weise mit Kohlenoxydgas an Aureliaoctanten ausführte.

Sehr abweichend von diesen Gasen wirkte aber auf Aurelia die Berührung mit Schwefelwasserstoffgas. Verdrängte ich die in dem die Meduse bedeckenden Trichter enthaltene atmosphärische Luft rasch durch Schwefelwasserstoff, so dauerten die Contractionen, welche anfangs völlig normal erschienen, dann aber allmälig an Energie verloren, entschieden längere Zeit fort als in der Kohlensäure- und Kohlenoxydatmosphäre. Erst nach 5—7 Minuten stand bei meinen Versuchen die Bewegung still. War die Ruhe eine complete geworden, so beobachtete ich auch eine Farbenveränderung; die Radiärcanäle, der Schirmrand u. s. w. bekamen ein fades Aussehen, und blieb dann die Meduse nur noch etwas länger (1—2 Minuten) in der Schwefelwasserstoffatmosphäre, so rief kein Kunstgriff sie zum Leben zurück.

Ganz in der gleichen Weise wie auf Aurelia aurita wirken die drei genannten Gase auf Aequorea Forskalea und Chry-

saora hyoscella. Auch diese Medusen erholen sich rasch von der Kohlensäure- und Kohlenoxydparalyse, nicht von der, die das Schwefelwasserstoffgas an ihnen hervorruft.

Diese Erscheinungen, so auffallend verschieden von denen, welche wir an Lumbricus in einer reinen Kohlenoxydatmosphäre sich ausbilden sahen[1]), berechtigen meines Erachtens zu der Annahme, daß die Cölenteraten mit den nackten Protoplasmamassen nicht nur, wie ich[2]) früher gefunden habe, den Modus der Verdauung, sondern auch den Modus der Respiration (directe Gewebeathmung) theilen.

Ich überzeugte mich, daß die in der Kohlensäure- oder Kohlenoxydgasatmosphäre ruhenden Medusenachtel auch auf Berührung keine Contractionen ausführten, daß also der erzielte Effect nicht auf reine Lähmungen centralnervöser Theile bezogen werden darf. Daß die Contractionen an den Medusenstücken in der CO_2-, CO-, H- oder SH_2-atmosphäre nicht sofort erlahmen, scheint mir anderseits aber auch dafür zu sprechen, daß selbst bei diesen Formen eine gewisse Sauerstoffmenge in weniger fester Verbindung aufgespeichert ist, welche das Muskelgewebe sich bei eintretendem Sauerstoffmangel zu Nutzen machen kann. Aber als diese Sauerstoffreserve wird bei den höheren Cölenteraten zweifelsohne nicht die Flüssigkeit in den Ramificationen des cölenterischen Raumes angesehen werden dürfen; diese enthält bei keiner der vielen von mir daraufhin untersuchten Arten (Sagartien, Actinien, Antheen, Cerianthen, Chrysaora, Aurelia, Rhizostoma, Aequorea) einen dem Hämoglobin, Hämocyanogen, Hämerythrogen oder dem Chlorocruorin verwandten Körper, weder in Lösung

---

1) *Krukenberg*, Vergl. physiol. Studien etc. I. Abth. S. 165 ff.

2) *Krukenberg*, Ueber die Enzymbildung i. d. Geweben u. Gefäßen d. Evertebraten. Unters. a. d. physiolog. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 338—365. Nachtrag zu den Untersuchungen über die Ernährungsvorgänge bei Cölenteraten u. Echinodermen. Ebenda, S. 366—377. Ueber den Verdauungsmodus der Actinien. Vergl. physiol. Studien a. d. Küsten der Adria. I. Abth. S. 38—56.

noch an Zellen gebunden; die Sauerstoffmagazine werden sich vielmehr, ähnlich den Glycogenplaques beim Säugerfötus, direct in den Gewebselementen des Medusen- und Actinienkörpers finden. Ich habe keinen Unterschied im Eintritt der CO_2- und CO-wirkung bemerken können, wenn ich eine kleinere unversehrte Aurelia oder ein kleines Randstückchen einer andern zu diesen Versuchen benutzte, und diese Ergebnisse scheinen mir am besten geeignet, die Auffassung zu befestigen, daß die Flüssigkeit, welche den cölenterischen Raum bis in seine feinsten Verzweigungen erfüllt, in Hinblick auf die Respirationsvorgänge physiologisch keinen größern Werth[1]) hat als das die Kiemen der Muschel, des Wurmes und Krebses umspülende Meerwasser.

Wie durch die Tracheen bei den Insecten die atmosphärische Luft den lebendigen Zellen des Organismus direct zugeleitet wird, so erfolgt bei den Medusen der Transport des Respirationswassers durch die feinsten Verzweigungen des cölenterischen Raumes bis in die unmittelbarste Nähe der wichtigsten Lebensherde.

Ist die Zuleitung des Athemwassers bis in die Nähe der lebensthätigen Zellen, der Mangel einer extracellular respirirenden Flüssigkeit bei Actinien und Medusen wohl allgemein verbreitet, so variirt dagegen die Resistenzfähigkeit gegen Sauerstoffmangel bei nahe verwandten Arten oft sehr beträchtlich. So erholen sich manche Sagartien (z. B. Sagartia troglodytes) leicht von einem längern Aufenthalte in abgestandenem Meerwasser, wenn man sie in frisches überbringt, andere (z. B. S. parasitica)

[1]) Vergl. die Ergebnisse meiner Bestimmungen des Wassergehaltes der Medusen und Actinien (Vergl. physiol. Studien etc. II. Abth. S. 85 ff. und meinen Aufsatz „Ueber den Wassergehalt der Medusen" im Zoologischen Anzeiger. III. Jahrg. 1880. No. 58. S. 306), aus denen zu schließen ist, daß das Imbibitionsvermögen der Zellen bei beiden Gattungen ein außerordentlich verschiedenes ist; aber außer ihrem allgemein physiologischen Interesse wird dieser Thatsache wohl nur eine Bedeutung für die vergleichende Physiologie der Bewegungsapparate zugeschrieben werden können.

dagegen garnicht oder nur in seltenen Fällen. Der Grund dieser Erscheinungen ist aber in einer andern Eigenschaft der Gewebe zu suchen als für die verschiedene Resistenzfähigkeit in der Ausübung der Muskelcontractionen bei Lumbricus und Aurelia, welche einer reinen Kohlenoxydatmosphäre ausgesetzt sind. Bei Aurelia erfolgte, wie ich annehme, der Stillstand in der Kohlenoxydatmosphäre nur deshalb, weil es ihr an Sauerstoffreserven fehlt, sie erholt sich leicht, weil ihre Gewebe gegen einen Sauerstoffmangel sehr immun sind. Genau so wie Aurelia verhielt sich den irrespirabeln Gasen gegenüber Sagartia troglodytes; auch ihr ist, wenn der schädliche Einfluß nicht zu lange anhielt, die Genesung ebenso sicher wie der Aurelia; aber bei der Sagartia parasitica fehlt gewissen Geweben, deren Intactsein zum Fortbestande des Lebens unentbehrlich ist, die Fähigkeit, einen längern Sauerstoffmangel zu ertragen, und nur deshalb geht diese Form in einem, an Sauerstoff verarmten Wasser so bald zu Grunde.

Kehren wir nach dieser Abschweifung zu der Respiration der Würmer zurück, so wird hier zuerst dieselbe Frage erledigt werden müssen, welche wir uns bei Besprechung der Function des Hämocyanins stellten. Sind das Hämoglobin, das Hämerythrin, das Chlorocruorin bedeutungsvolle Factoren für die Athmung der Würmer? Spielen diese Stoffe bei ihnen dieselbe einflußreiche Rolle wie das Hämoglobin im Blute der Säugethiere? Wie ich glaube, ebensowenig wie das Hämocyanin für die Athmung der Krebse und Mollusken; denn auch bei den Würmern wechselt die Farbe des Blutes bei naheverwandten Arten, wie schon *Ehlers* [1]) speciell für die Borstenwürmer betonte, und ich habe gezeigt, daß sich der durch Kohlenoxyd vergiftete Regenwurm ge-

[1]) *E. Ehlers* (Die Borstenwürmer. Leipzig. 1864—1868. Bd. I. S. 31) bemerkt darüber Folgendes: „Das Blut, welches bei den Borstenwürmern im Gefäßsysteme circulirt, ist eine dünne Flüssigkeit, die nur wenige und unbedeutende, oder auch gar keine Körperchen enthält. Sie ist in vielen

nau ebenso wie der Frosch nach *Pflüger*'s Versuchen verhält. Damit soll selbstverständlich nicht gesagt sein, daß diese Substanzen für die Athmung der Würmer überhaupt bedeutungslos sind; nur das möchte ich hervorgehoben haben, daß das Blut der meisten Würmer voraussichtlich noch andere Stoffe — an die Blutkörperchen gebunden oder im Serum gelöst — enthalten wird, welche eine ähnliche und vielleicht eine für den Gaswechsel bedeutungsvollere Verwandtschaft als das Hämoglobin, Hämerythrin und Chlorocruorin zum Sauerstoff besitzen, uns dieselbe aber durch Farbenwechsel nicht verrathen.

Diese Ueberlegungen werden immer da Berücksichtigung verdienen, wo es gilt zu entscheiden, welchem von zweien, in sich abgeschlossenen Gefäßgebieten vorzugsweise eine respiratorische, welchem vorzugsweise eine nutritive Bedeutung zufällt, ob beide Vorgänge physiologisch wie morphologisch gleich scharf zu trennen sind. Oftmals wird das Sauerstoffatom, welches wir hier an Hämoglobin, dort an Hämocyanogen, dort an Hämerythrogen, dort an Chlorocruorin gebunden sehen, vielfach seine Stelle im Molekel [1]) wechseln müssen, bis es der Organismus als Kohlensäure wieder entläßt.

Fällen völlig farblos, sonst gelb, roth oder grün; die Färbung des Blutes scheint übrigens von geringer Bedeutung zu sein und kann bei den Species derselben Gattung wechseln." Nach *de Filippi*'s Angabe soll das Blut der Gattungen Hæmocaris und Clepsina farblos sein.

[1]) In seiner Physiologie du Poulpe S. 21 sagt *Fredericq*: „Le sang de poulpe ne contenant qu'une seule espèce d'albuminoïde, il s'ensuit qu'ici les deux grandes fonctions du sang, la respiration et la nutrition des tissus, reposent sur une seule et même substance chimique, l'hémocyanine. Dans le sang des vertébrés, au contraire, il s'est établi, sous ce rapport, une véritable division du travail physiologique. La fonction respiratoire y appartient exclusivement à l'hémoglobine des globules, la fonction nutritive aux substances albuminoïdes du plasma." In demselben Sinne spricht er sich am Schlusse seiner Notiz über das Hummerblut aus. Dort heißt es: „Bei allen diesen Thieren (Cephalopoden, Gastropoden und Crustaceen) vollzieht

Das Chromogen in den Blutkörperchen einiger Ascidien.

Ueber die Farbenveränderung, welche das Blut von Ascidia mammillata an der Luft erfährt, enthält *Harleß'* bereits erwähnter Aufsatz folgende Notizen:

„Schneidet man die lederartige Bedeckung der Ascidia mammillaris ein und entleert so die Blutgefäße ihres Inhalts, so erhält man eine wasserhelle Flüssigkeit, die nach Verlauf einiger Minuten an der Luft tief blau wird; ebenso erscheint auch nach längerer Zeit die ganze Hautbedeckung blaßblau, indem der Inhalt der Blutgefäße gedämpft durchschimmert.

„In das frisch aus Ascidia mammillaris gelassene farblose Blut wurde ziemlich lange Sauerstoff geleitet; es färbte sich nicht blau; ebensowenig beim Durchleiten von Stickgas. Aber schon die ersten Blasen von Kohlensäure, welche in's Blut ein-

---

sich die Athmung wie bei den Wirbelthieren und vielen Anneliden durch Vermittlung metallhaltiger Eiweißkörper (Hämoglobin, Hämocyanin, Chlorocruorin), welche in den Respirationsorganen (Lungen, Kiemen) wenig feste Verbindungen mit dem Sauerstoff eingehen. Diese Verbindungen zerfallen während ihrer Passage durch den Körper. Bei den Evertebraten fallen beide große Functionen des Blutes, die Respiration und die Ernährung der Gewebe dem Plasma zu, die Blutkörperchen haben jedenfalls eine accessorische Bedeutung."

Mit dieser Auffassung kann ich mich nach dem Vorhergehenden nicht einverstanden erklären. Unschwer läßt sich beweisen, daß *Fredericq*'s Verallgemeinerung zu positiv unrichtigen Schlüssen führt. Ich will nur die Fragen aufwerfen, wo findet sich nach *Ray Lankester* das Hämoglobin im Blute bei Solen, Glycera, Capitella und Phoronis? In den Blutkörperchen, nicht im Plasma. Wo das Hämerythrin in der perienterischen Flüssigkeit der Gephyreen? In den Blutscheiben und nicht im Serum. Welches ist der metallhaltige Eiweißkörper im Blute vieler Gastropoden (z. B. bei Doris, Pleurobranchus) und Krebse (z. B. Astacus), durch dessen Dazwischenkunft sich die Athmung vollzieht? Niemand hat ihn bis jetzt gefunden.

traten, riefen eine dunkelblaue Färbung hervor, die um so intensiver wurde, je länger das Gas einwirkte. Als nun Sauerstoffgas in dieses blaue Blut längere Zeit geleitet und anhaltend mit demselben geschüttelt wurde, verschwand die blaue Farbe wieder fast ganz, doch so farblos, wie vor der Zuleitung von Kohlensäure, konnte es nicht wieder erhalten werden. Alkohol und Aether riefen in dem farblosen Blute augenblicklich das tiefe Blau hervor."

Ich habe *Harleß'* Versuche an Ascidia mammillata wiederholt und auch auf Ascidia mentula und fumigata die Untersuchung ausgedehnt; letztere beiden Arten weichen in dieser Hinsicht von A. mammillata nicht ab. Die Angabe von *Harleß*, daß die Schwarzfärbung des Blutes, was sehr merkwürdig ist, durch Kohlensäure, nicht durch Sauerstoff bewirkt wird, kann ich durchaus bestätigen. Nach einem 5 bis 10 Minuten unterhaltenen Einleiten von Kohlenoxydgas dunkelt das fast farblose Blut ebensowenig, als wenn man ihm eine gleichlange Zeit reines Sauerstoffgas zuführt. Selbst Schwefelwasserstoffgas ruft an dem Blute keine Dunkelfärbung hervor. Aber darin muß ich *Harleß* widersprechen, wenn er behauptet, daß Sauerstoff das durch Kohlensäure blau gewordene Blut wieder fast ganz entfärbt. Ich habe mich vergeblich bemüht, an dem, durch Behandlung mit Kohlensäure blauschwarz erhaltenen Blute dadurch einen helleren Farbenton hervorzubringen, daß ich einen Strom von reinem Sauerstoff viele Minuten durch das Blut hindurchtreten ließ und das Blut mit dem Sauerstoffgase anhaltend schüttelte. Um mich vor Täuschung sicher zu stellen, habe ich den Versuch auch in Gegenwart Anderer mehrfach wiederholt, aber Niemand vermochte in der durch Kohlensäure blaugrün gewordenen Flüssigkeit eine Aufhellung wahrzunehmen. Selbst dann, wenn ich das Blut oder den Preßsaft aus dem Mantel sich durch Kohlensäureeinwirkung oder an der atmosphärischen Luft schwach dunkel färben ließ, gelang mir die Entfärbung durch Schütteln mit Sauerstoffgas

nicht. Auch durch lange Zeit fortgesetztes Einleiten und Schütteln mit Kohlenoxydgas oder Schwefelwasserstoff ließ sich die Blaufärbung nicht rückgängig machen.

Harleß wurde, wie er uns mittheilt, auf seine Untersuchungen über das Blut wirbelloser Thiere durch die Frage geleitet, wie sich Kohlensäure und Sauerstoff beim Einleiten in's Blut derjenigen Thiere verhalten, die unvergleichlich weniger Blutkügelchen besitzen wie die Wirbelthiere, und bei denen der Farbstoff an das Serum und nicht an die Blutkörperchen gebunden ist. Er scheint demnach geglaubt zu haben, daß bei Ascidia das Chromogen, welches sich in Berührung mit Kohlensäure tief blauschwarz oder blaugrün färbt, sich im Blutplasma[1], nicht in den Blutkörperchen finde. Aber auch diese Vorstellung ist unrichtig. Filtrirt man die durch Anschneiden und Auspressen des Tunicinmantels erhaltene Flüssigkeit oder die aus dem Herzen direct gewonnene, so bläuet sich das Filtrat beim Einleiten von Kohlensäure nicht, während der auf dem Filter zurückgebliebene Niederschlag meist eine dunkelblaue Färbung angenommen hat. Daraus geht zur Genüge hervor, daß das Chromogen den Blutkörperchen und nicht dem Plasma angehört[2].

---

[1]) Das von mir untersuchte Ascidienblut (Ciona canina, Ascidia mentula, A. fumigata, A. mammillata, Botryllus violaceus) zeigt meist keine stärkere spontane Gerinnselbildung; doch finden sich individuelle Schwankungen ebenso wie bei Krebsen. Bemerkt sei hier noch, daß das Blut von Carcinus mænas beim Stehen an der Luft fast gar nicht gerann, während das des Hummers oft wie das von Helix pomatia in eine geléeartige Masse verwandelt wurde. Auch das Blut von Eledone setzt wenig Gerinnsel ab.

[2]) So erscheint nach *Camil Heller* (Unters. üb. d. Tunicaten des adriatischen Meeres. I. Abth. S. 11. A. d. Denkschriften d. math.-naturw. Classe der Wiener Acad. Bd. 34. 1874 und II. Abth. S. 7, 9 u. 15. ibid. Bd. 34. 1875) die durch die Blutkörperchen bedingte Färbung des Blutes bei Ascidia mentula bräunlich. Bei Ascidia rubescens sind die Blutkörperchen nach *Heller*'s Beobachtung blaßröthlich, bei Ascidia cristata farblos

Das farblose Blut von Ciona intestinalis verändert sich weder beim Schütteln mit atmosphärischer Luft oder mit Sauerstoffgas, noch beim Einleiten von Kohlensäure oder Kohlenoxydgas. Mit Schwefelwasserstoff gesättigt, färbt es sich erst nach einiger Zeit ein wenig dunkler. Auf Salzsäurezusatz scheidet sich aus ihm ein unbedeutendes Gerinnsel ab, und auf Zusatz von Ammoniak nimmt das frische Blut eine schwach zeisiggrüne Farbe an, die durch Salzsäure wieder zu beseitigen ist.

Nach *Harleß* ist am Blute der zusammengesetzten Ascidien, so lange es in den Blutgefäßen circulirt, durchaus keine Farbe wahrzunehmen, einige Zeit nach dem Tode sind aber alle Gefäßchen vollständig wie mit einer blauen Flüssigkeit injicirt. Bei meinen Versuchen dunkelte jedoch der schwach und unansehnlich gelb gefärbte Preßsaft aus Botryllus violaceus, welche Form als die um Triest am häufigsten vorkommende wahrscheinlich auch *Harleß* zu seinen Untersuchungen gedient hat, weder an der atmosphärischen Luft, noch in einer Kohlensäure- oder Sauerstoffatmosphäre nach.

Der intensiv ziegelrothe Farbstoff, welcher der innern Mantelwand und dem Eingeweidesacke von Cynthien anhaftet, scheint spectroskopisch wie chemisch mit dem rothen Pigmente mancher Didemnumarten übereinzustimmen. Er wird durch kalte Salpetersäure nur langsam entfärbt, löst sich in Aether, Alkohol und Natronlauge mit mehr oder weniger gelbrother Farbe; sein Spectrum zeigt kein Absorptionsband in alkoholischer Lösung, kein Farbenwechsel wird in dieser beim Einleiten von Kohlensäure, Sauerstoff oder Kohlenoxydgas bemerkbar. Der Farbstoff ist aber ein wenig lichtempfindlich.

Ueber die functionelle Bedeutung des Chromogens bei Ascidia mammillata, mentula und fumigata ist nicht nur

---

und blaß, bei Ascidia fumigata grünlich, bei Ascidia mammillata bräunlich und bei Ciona intestinalis farblos. Auch nach *Kupffer* (Arch.

deshalb schwer etwas auszusagen, weil die Blutkörperchen bei nahe verwandten Arten auch dieser Thierclasse so außerordentlich verschieden gefärbt sind, sondern noch vielmehr deswegen, weil wir gar nicht anzugeben vermögen, was aus dem — vorausgesetzt, daß die Processe im Blute des lebenden Thieres ebenso verlaufen, wie in dem ihm entnommenen — unter der Kohlensäureeinwirkung entstandenen Farbstoffe weiterhin wird; ob er sich in das Chromogen zurückverwandelt, oder ob er neue Veränderungen eingeht.

Landois[1]) versuchte, bei Insecten die Farbe des getrockneten Blutes mit der Grundfarbe des vollkommenen Insects in Beziehung zu bringen. Ich glaube, daß ein richtiger Gedanke diesem etwas sonderbar erscheinenden Beginnen zu Grunde liegt. und dieser ist meines Erachtens der, daß die Pigmente des Insectenblutes, ihrem functionellen Werthe nach, weniger den Blut- als den Gallenfarbstoffen der Wirbelthiere zu parallelisiren sind: daß dieses Zersetzungsproducte sind, höchstens noch von indirecter Bedeutung für den Organismus, welche zum Theil vielleicht in gewissen Geweben des Körpers später deponirt werden.

Diesen bei Insecten ähnliche Verhältnisse treffen wir bei Ascidia fumigata. Was hier Theilen des Mantels und inneren Körperstellen das tiefschwarze Colorit verleiht, scheint derselbe resistente Farbstoff zu sein, der durch die Einwirkung der Kohlensäure auf's Blut aus dem Chromogen ihrer Blutkörperchen hervorgeht.

Zur Respiration der Holothurien.

Als ich die herrlichen Abbildungen kennen lernte, welche die classischen Arbeiten von *Milne Edwards*, *Langer*, *Lacaze-*

---

f. mikr. Anat. Bd. 6. S. 167) besteht das Blut bei Ascidia canina aus pellucider Flüssigkeit und runden amöboïden Zellen.

[1]) *Landois, H.* Beobachtungen über das Blut der Insecten. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 14. 1864. S. 55—70.

Duthiers, *Blanchard*, *Leydig* und Anderer über das Gefäßsystem der Mollusken begleiten, und auf welchen, durch rothe und blaue Tinten scharf unterschieden, die Arterien und Venen gekennzeichnet sind, da bemühete ich mich, möglichst vollständig die Literaturangaben zu sammeln, welche auf eine verschiedene Färbung des sog. arteriellen und venösen Blutes bei Wirbellosen hinweisen könnten. Obgleich mich das Studium der zahlreichen Werke und Specialabhandlungen, in welchen ich einschlägige Angaben zu finden hoffte, viel Zeit und Mühe gekostet hat, so ist doch die Ausbeute eine höchst geringe gewesen. Es sei kurz der Angaben gedacht, welche mir über eine verschiedene Färbung des venösen und arteriellen Evertebratenblutes bekannt geworden sind, und für deren Vervollständigung von belesenerer Seite ich sehr dankbar sein würde.

Nach *Quatrefages*[1]) ist der Unterschied zwischen arteriellem und venösem Blut bei Annulaten sehr gut zu sehen, wenn, wie z. B. bei den Sabellen, die Respirationsorgane auf einen Körpertheil concentrirt sind. Sind dagegen, wie bei Eunice, die Kiemen an jedem Segmente vorhanden, so hat jedes Zoonit sein venöses und arterielles System, und besorgt die ganze äußere Haut das Respirationsgeschäft, so ist die Unterscheidung sehr schwierig, aber immerhin noch möglich.

Auch *Oerstedt*[2]) berichtete, daß die beiden im Nacken von Polystemma, einer Nemertinengattung, gelegenen Herzen in zwei Abtheilungen getheilt seien, von denen die vordere Abtheilung dunkleres und die hintere helleres Blut enthalte.

An dritter Stelle wäre abermals (vgl. S. 71) der Untersuchungen von *Fredericq* über die verschiedene Färbung des venösen und arteriellen Blutes bei Octopus zu gedenken, welche

---

[1]) *Quatrefages*, Types inférieures de l'embranchement des Annelés. Ann. d. scienc. nat. Zool. 3. Sér. T. 14. 1850. p. 299 f.

[2]) *Oerstedt*, Beschreibung der Plattwürmer. S. 17.

jedenfalls darauf Anspruch erheben können, in dieser Hinsicht die eingehendsten zu sein. Ich muß dazu jedoch bemerken, daß ich bei Eledone, so sehr ich darauf achtete, nie einen Unterschied in der Färbung des venösen und arteriellen Blutes sicher erkennen konnte, während mir die individuellen Verschiedenheiten der Blutfärbung bei Thieren, die unter ganz denselben Verhältnissen — in großen Glasaquarien tagelang oder in geräumigen Kübeln nur kurze Zeit nach dem Fange — gelebt hatten, oft sehr auffällig waren.

Die letzte und für mich wichtigste Angabe betrifft das Blut der Holothuria tubulosa. *Tiedemann*[1]) schreibt darüber Folgendes: „An dem äußeren oder freien Rande des Darmcanals läuft ein Gefäß, welches im Leben eine hellbraune oder gelbliche, durchsichtige Flüssigkeit enthält." Weiterhin (S. 17) macht er für seine Vermuthung: daß mehrere der feinsten Zweige der Darmvenen die Nahrungsflüssigkeit oder den Chylus aus dem ersten Stück des Darmcanals aufsaugen, in das Gefäßsystem führen und dem venösen Blute beimischen, — geltend, „daß die in den Darmvenen enthaltene Flüssigkeit viel durchsichtiger und weniger gefärbt ist als die in den Arterien enthaltene". Diese Bemerkungen *Tiedemann*'s über das Holothurienblut sind auch in *Semper*'s großes Holothurienwerk[2]) übergegangen; meines Wissens aber einer Prüfung noch nicht unterzogen.

Da auch das Blut verschiedener Holothurien nach *Semper*[3])

---

[1]) *Tiedemann*, Anatomie der Röhrenholothurie, des pomeranzfarbenen Seesternes u. des Stein-Seeigels. Heidelberg 1820. S. 15.

[2]) *Semper*, Reisen im Archipel der Philippinen. 2. Th. Bd. I. Holothurien. 1868. S. 120 u. 121.

[3]) Hochgelb fand *Semper* das Blut bei Synapta Beselii, bräunlich bei Holothuria impatiens, rosenroth bei Colochirus tuberculatus und cœruleus (bei letzteren Arten wurde die rothe Färbung leicht durch Essigsäure verändert), während bei den übrigen von ihm untersuchten Holothurien das Blut farblos war. Nach *A. Baur* (Beitr. z. Naturg. d. Synapta digitata

sehr verschiedene Färbungen aufweist, so war es möglich, daß auch im Echinodermenblute derartige Farbstoffe vorkommen, wie wir solche im Hämocyanin und Hämerythrin kennen gelernt haben.

Es ist nicht leicht, selbst aus den größten Gefäßstämmen der Holothuria tubulosa reines Blut zu erhalten. Das Blut ist eine sehr schleimige Flüssigkeit und bei Anwendung stärkeren Druckes auf die Gefäßwände verunreinigt man es leicht durch die hinfälligen, oft tiefbraun gefärbten Gewebe der Gefäße. Durch vorsichtiges Anschneiden der frei gelegten Gefäße gelang es mir, wenigstens etwa 8 Tropfen reinen Blutes in einer Porcellanschale aufzufangen, welches durchaus farblos war und sich an der Luft in mehr als zwölf Stunden nicht färbte. Versuchte ich dagegen die Gefäße durch Druck ihres Inhalts zu entleeren, so erhielt ich immer einen mehr oder weniger bräunlichen Saft, verunreinigt durch die gefärbten Gefäßzellen. Aber auch diese Flüssigkeit entfärbte sich weder beim Schütteln mit Kohlensäure oder Sauerstoffgas, noch beim längeren Stehen an der Luft. Ich halte mich deshalb für überzeugt, daß das Blut von Holothuria tubulosa nicht bräunlich, sondern farblos ist und keinen Körper enthält, der unter dem Einflusse von Kohlensäure, Sauerstoff oder atmosphärischer Luft einen wechselnden Farbenton annimmt.

Die Leibeshöhlenflüssigkeit der Holothuria tubulosa ist wie ihr Blut farblos und nimmt beim Schütteln mit Gasen (CO_2, O und atmosphärische Luft) ebensowenig als das Blut und der wäßrige Inhalt der Leibeshöhle von Cucumaria Planci irgend welche Färbung an.

Die in der Thierreihe bislang bekannt gewordenen Verschiedenheiten, welche die Ernährungssäfte in Hinsicht auf ihre respiratorische und auf ihre nutritive (im engern Wortsinn) Function aufzuweisen haben, würden kurz folgende sein:

I. Abhandl. Dresden. 1864. S. 29) ist auch die Blutflüssigkeit von Synapta digitata farblos.

1) zwei geschiedene — durch die Stigmata und Stomata aber vielleicht mit einander in directer Communication befindliche — Gefäßsysteme; in dem Einen bewegen sich weiße und rothe (respirirende) Blutzellen, in dem Andern eine rein lymphatische Flüssigkeit, welche nur weiße Blutkörperchen enthält (Wirbelthiere);

2) zwei geschiedene Gefäßsysteme; in dem Einen circulirt ein respirirendes, gefärbtes Fluidum ohne zellige Elemente, in dem Andern eine an weißen Blutzellen reiche Flüssigkeit, welcher erkennbare Respirationsstoffe fehlen (Lernanthropus)[1];

3) ein einziges Gefäßsystem mit weißen und gefärbten (meinen experimentellen Untersuchungen zur Folge) sichtlich respirirenden Blutkörperchen (Sipunculus);

4) eine allgemeine Ernährungsflüssigkeit mit ausschließlich gefärbten, (experimentellen Untersuchungen zur Folge) erkennbar respirirenden Blutkörperchen (Solen siliqua [?]);

5) eine allgemeine Ernährungsflüssigkeit mit farblosen Zellen und sichtlich respirirendem Plasma (Cephalopoden und viele Krebse);

6) Zuleitungsgefäße für Luft oder Wasser aus der Umgebung; daneben eine allgemeine, farblose oder gefärbte aber nicht erkennbar respirirende Ernährungsflüssigkeit mit Blutkörperchen (Insecten);

7) wasserzuleitende Gefäße bei Abwesenheit eines allgemeinen (d. h. extracellularen) Ernährungssaftes (Actinien, Medusen);

8) völliger Mangel sowohl an wasser- und an luftzuleitenden

---

1) Vergl. *v. Heider, C.* Die Gattung Lernanthropus. Arb. a. d zool. Inst. d. Univ. Wien. Bd. II. Heft 3. S. 37—40.

van Beneden, Éd. De l'existence d'un appareil vasculaire à sang rouge dans quelques Crustacés. Zoologischer Anzeiger. III. Jahrgang. 1880. No 47 u. 48.

v. Heider, C. Zur Abwehr. Ebenda. No. 49.

Gefäßen als an einer extracellularen Ernährungsflüssigkeit (einfachste Thierformen und vielleicht auch parasitäre Wesen höherer Classen).

Einer auffallenden Erscheinung sei erst noch Erwähnung gethan, bevor wir versuchen, den Modus zu bestimmen, nach welchem sich die Athmung bei den Holothurien vollzieht.

Während die Tracheen bei den Insecten nur den Gasaustausch vermitteln, fällt dem Wasser in den Verzweigungen des cölenterischen Raumes bei den Actinien außer seiner Bedeutung für die Respiration eine zweite, für diese Thiere vielleicht noch wichtigere Aufgabe zu, welche darin besteht, ihrem Körper den zur Ausführung seiner Bewegungen erforderlichen Grad von Turgescenz zu verleihen. Eine directe Beziehung der Blutflüssigkeit zur Locomotion läßt sich bei Wirbelthieren nur ausnahmsweise und an wenigen Organen feststellen, bei ihnen wird die Blutversorgung der einzelnen Körpertheile mehr den respiratorischen und nutritiven Bedürfnissen entsprechend geregelt. Bei Gastropoden und Lamellibranchiaten tritt dagegen eine locomotorische Function des Blutes außerordentlich klar hervor und scheint für diese Mollusken von größerer Bedeutung zu sein als die respiratorische[1]), ja von keiner geringern als die nutritive Function des Blutes.

Wie die Organismen ganz allgemein ihre mannigfachsten Bestandtheile als feste und flüssige Secrete der Außenwelt im Interesse ihrer Erhaltung zurückerstatten, so opfern viele Mollusken selbst ihr Blut, um die Consistenz ihrer einzelnen Körpertheile den jeweiligen Bewegungen anzupassen. Je nach Bedarf mischen sie Wasser ihrem Blute hinzu oder entleeren die vorhin mit Wasser verdünnte Blutflüssigkeit nach außen[2]). Bei den

---

[1]) Vergl. *Voit*, *C.* Anhaltspunkte f. d. Physiologie der Perlmuschel. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. X. 1860. S. 489.

[2]) Außer den bereits früher von mir (Vergl. physiol. Studien etc. II. Abth. S. 80) citirten Abhandlungen *Leydig*'s vergl. *L. Agassiz*, Ueber das Wasser-

Echinodermen existiren diesen ganz ähnliche Verhältnisse; nur mit dem Unterschiede, daß bei ihnen das Locomotionsgeschäft von einer bestimmten Flüssigkeit (Inhalt des Wassergefäßsystems und der Leibeshöhle) versehen, die Ernährung der Gewebe dagegen von einem andern Fluidum, von dem sog. Blute besorgt wird.

Bei **Holothuria tubulosa** ist die Menge des wäßrigen Inhalts der Leibeshöhle eine sehr bedeutende, und es scheint diese Flüssigkeit auch selten erneuert zu werden. Die Leibeshöhle steht mit dem Wassergefäßsystem, dem eigentlich locomotorischen Apparate, in directer Verbindung; dieses enthält, wennschon in geringerer Menge, dieselben morphotischen Bestandtheile wie das Blut, und es dürfte nicht unwahrscheinlich sein, daß diesen Blutkörperchen, obgleich sie farblos sind, eine respiratorische Bedeutung zukommt. Von dem zweiflügeligen Athmungsorgane der Holothurie wird die eine Wasserlunge von Blutgefäßen innig durchflochten, die andere nicht; die erstere scheint demnach die Respiration des Blutes, die andere die Sauerstoffzufuhr für den Inhalt der Leibeshöhle und des Wassergefäßsystems zu besorgen. Bei den Holothurien könnte sowohl dem Inhalte der Leibeshöhle, des Wasser- wie Blutgefäßsystems eine respiratorische Bedeutung zukommen; außerdem müßte aber dem Inhalte des Wassergefäßapparates eine locomotorische und dem Blute eine rein nutritive Verrichtung zugestanden werden. Bei den Holothurien steht die Flüssigkeit der Leibeshöhle, in Hinsicht auf die locomotorische

gefäßsystem der Mollusken. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. VII. 1856. S. 176 bis 180. *H. de Lacaze-Duthiers*, Histoire anatomique et physiologique du Pleurobranche orange. Ann. d. scienc. nat. Zoologie. IV. Sér. T. XI. 1859 p. 199—302. *Gegenbaur*, Grundzüge d. vergl. Anatomie. 1870. S. 534, 540 bis 543. *Kollmann*, der Kreislauf des Blutes bei den Lamellibranchiern, den Aplysien u. den Cephalopoden. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 26. 1875 S. 87—102. *A. Sabatier*, Anatomie de la Moule commune. Ann. d. scienc. nat. Zoologie. VI. Sér. T. V. 1877. p. 51—56.

Function des Wassergefäßsystems, zu diesem wahrscheinlich in derselben Beziehung wie, in Hinblick auf die Ernährung der Gewebe, bei den Wirbelthieren das Blut zu der Lymphe; beides (Leibeshöhlenflüssigkeit der Holothurien, Blut der Wirbelthiere) sind Reservoire für die zur Erfüllung jener Functionen erforderlichen Stoffe und betheiligen sich bei der Ausübung der Verrichtungen (Schwellung einzelner Körpertheile resp. Ernährung der Gewebe) nicht unmittelbar.

So lange als gasometrische Untersuchungen an den Flüssigkeiten des Holothurienkörpers nicht wohl ausführbar sind, muß es der comparativen Anatomie überlassen bleiben zu entscheiden, ob diese Auseinandersetzung der Verhältnisse den Sachverhalt zu treffen, oder ob sie ihm zu widersprechen scheint.

Ueber Spongienfarbstoffe und ihre functionelle Bedeutung.

Wie sehr sich auch die theils mehr, theils weniger sicheren Angaben über das Vorkommen chlorophylloïder Substanzen bei Thieren verschiedenster Classen in den verflossenen drei Decennien häuften, so blieb es doch den beiden letzten Jahren vorbehalten, die Frage nach der functionellen Bedeutung der thierischen Chlorophyllkörper mehr experimentell in Angriff zu nehmen. Außer *Pristley*'s denkwürdigen Versuchen, welche vorzüglich an Chlamidomonas pulvisculus und Euglena viridis ausgeführt waren, boten die Untersuchungen von *Pfankuch*[1]) und *Wöhler*[2])

[1]) *Pfankuch*, O. Chemische Untersuchung der Rodenberger Salzsoolen. Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 41. 1842. S. 168.

[2]) *Wöhler, F.* Ueber Sauerstoffgasentwicklung aus dem organischen Absatz eines Soolwassers. Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 45. 1843. S. 206 bis 209. Zusatz zu dieser Abhandlung von *C. G. Ehrenberg*, ibid. S. 209—214. Mir scheinen die *Wöhler*'schen Versuche nicht genügend zu beweisen, daß die Sauerstoffentwicklung thatsächlich von Frustula und nicht von der kleinen Alge (Hygrocrocis virescens *Ehrbg.*), mit der sie gemischt war, herrührte.

über die Sauerstoff entwickelnde Frustula salina lange Zeit den einzigen Anhalt für die Auffassung, daß dem Chlorophyll in den Thieren dieselbe Leistungsfähigkeit zukommt als in den Pflanzen. *Max Schultze*[1]) beobachtete zwar, daß junge Exemplare von Vortex viridis, welche durch einen chlorophyllartigen Körper grün gefärbt sind, längere Zeit im Finstern gehalten, wie die in's Dunkel gebrachten Pflanzen ihre grüne Farbe verloren und hellgelb wurden, daß diese Turbellarien aber, abweichend von den grünen Pflanzenblättern, im directen Sonnenlichte keinen Sauerstoff entwickelten. Durch *Geddes'*[2]) schöne Arbeit erfuhren wir jedoch, daß auch eine grüne Planarie, Convoluta Schultzii *O. Schm.*, wie die chlorophyllhaltigen Pflanzenblätter Sauerstoff entwickelt[3]). Ich[4]) habe in Uebereinstimmung mit *Sorby* gezeigt,

---

[1]) *Schultze, M.* Note sur l'identité d'une matière colorante existant chez plusieurs animaux et identique avec la chlorophylle des végétaux. Compt. rend. T. 34. 1852. p. 683—685.

[2]) *Geddes, P.* Sur la fonction de la chlorophylle avec les Planaires vertes. Compt. rend. T. 87. 1878. p. 1095 u. Sur la chlorophylle animale et sur la physiologie des Planaires vertes. Arch. de zoologie exp. et gen. T. VIII. 1880.

[3]) Es wäre sehr erwünscht gewesen, wenn uns *Geddes* gleichzeitig darüber belehrt hätte, ob der grüne Farbstoff von Convoluta Schultzii spectroskopisch wie chemisch mehr dem Chlorophyll der Pflanzen oder mehr dem Bonelleïn gleicht. Letzteres ist wohl das wahrscheinlichere; denn einerseits ist nach *Salm-Horstmar* (Untersuchungen des grünen Stoffes wahrer Infusorien. Ann. d. Physik u. Chem. Bd. 97. 1856. S. 331—333) „der grüne Stoff in der Euglena viridis von dem grünen Stoff der Algen sowohl, als von dem Chlorophyll der Phanerogamen und der grünen Laubmoose sehr wesentlich verschieden", und anderseits beobachtete *Quatrefages* (Compt. rend. T. 87. 1878. p. 1096—1097), daß eine Alge, welche keine grüne Chlorophyllkörner, sondern statt dessen rothe Körner von ähnlichem Aussehen enthielt, trotzdem Kohlensäure zerlegte; außerdem erinnerte *Quatrefages* noch daran, daß bei grünen Pflanzen nach ihrer herbstlichen Verfärbung die Kohlensäurezerlegung fortdauert.

[4]) *Krukenberg,* Vergl. physiol. Studien a. d. Küsten d. Adria. I. Abth. S. 167 ff. und II. Abth. S. 76—77.

daß das dem pflanzlichen Chlorophyll in vielen Eigenschaften allerdings sehr ähnliche Pigment in Bonellia viridis spectroskopisch von den übrigen Chlorophyllfarbstoffen zu erheblich abweicht, als daß es mit diesen identificirt werden könnte[1]. Ich stellte gleichfalls fest, daß an Bonellia von einer Sauerstoffgasentwicklung nichts bemerkbar ist, was *Geddes*[2] in jüngster Zeit auch bestätigte und dasselbe Verhalten für Idotea viridis, eine Krustacee, nachwies.

Schienen es nach diesen Untersuchungen immerhin nur wenige Thierformen zu sein, welche sich wie die grünen pflanzlichen Gebilde ernähren, so ergab sich doch aus meinen Spongienuntersuchungen, daß zahlreiche Vertreter einer ganzen Thierclasse

---

[1]) *Schenk* (Der grüne Farbstoff von Bonellia viridis. A. d. Sitzb. d. Wiener Acad. Bd. 72. 1875. II. Abth. Octoberheft) berichtet über das Spectrum eines seit 25 Jahren von *Schmarda* aufbewahrten alkoholischen Extractes vom Bonelliafarbstoffe Folgendes: „Die Absorptionsstreifen sind bis auf den einen im Roth gänzlich verschwunden. Dieses Absorptionsband liegt nahezu genau an der Stelle, an welcher man es beobachtet, wenn die alkoholische Lösung mit einer Spur von Salzsäure, Salpetersäure oder Schwefelsäure versetzt wird. Es scheint, daß das Extract durch langes Aufbewahren mit Rücksicht auf das spectroskopische Verhalten ähnlich verändert wird, als dies plötzlich durch eine Spur einer anorganischen Säure geschieht".

Als ich den vor einem Jahre angefertigten, vor der Lichteinwirkung nicht sonderlich geschützt gehaltenen alkoholischen Auszug des Bonelliafarbstoffes, von dem ich früher das Spectrum entworfen hatte, abermals untersuchte, fand ich, daß die vier schwächeren Bänder eine ziemlich gleichmäßige Abnahme ihrer Intensität erfahren hatten. Von dem vierten Bande vor E war nur noch mit Mühe ein schwacher Schatten zu erkennen, auch das fünfte wie sechste Band hatten an Stärke deutlich abgenommen, das zweite und dritte waren auch nicht mehr so dunkel als vor einem Jahre, und nur das erste Band durchsetzte das Spectrum als ein tiefschwarzer Streifen wie zuvor. Die Lage der Bänder war nicht bemerkenswerth verändert, und es scheint demnach das Bonellein ein einheitlicher Körper (kein Farbstoffgemisch) zu sein, der durch das Licht ganz allmälig gebleicht wird, ohne daß er dabei ein gefärbtes, spectroskopisch sich vom Bonellein unterscheidendes Zersetzungsproduct liefert.

[2]) *Geddes, P.* a. a. O. S. 58.

ebenfalls durch die Dazwischenkunft eines sehr lichtempfindlichen Farbstoffes, des Tetronerythrins, Reservematerial anzubilden befähigt sind. Mein Nachweis von ätherischen Oelen[1]) in den verschiedensten Spongien, die ozonisirende Eigenschaft dieser Substanzen, die leichte Zersetzlichkeit des Tetronerythrins durch Ozon weisen bei den Suberiten, Myxillen etc. auf Ernährungsvorgänge hin, welche wohl mehr denen der chlorophyllhaltigen Ge-

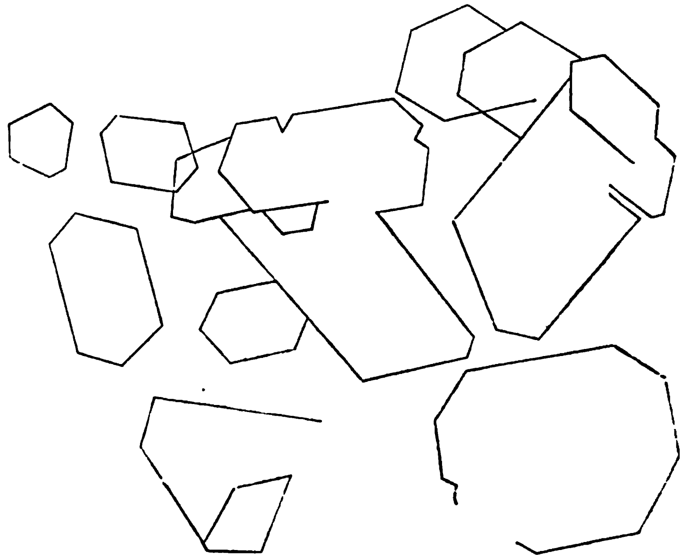


Fig. 8. Krystalle einer cholestearinähnlichen Substanz, dargestellt aus dem Tetronerythrin von Suberites domuncula durch Belichtung. Gezeichnet mittelst des *Oberhäuser*'schen Zeichnenprismas bei *Hartnack* IV und Ocular 3.

wächse als denen höherer Thiere gleichen. Als Bleichproduct des Tetronerythrins bildet sich bei den Schwämmen ein cholestea-

[1]) Nach einer Angabe von *F. E. Schulze* (Bau u. Entwicklung der Spongien. Die Gattung Spongelia. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 32. 1879. S. 143): „Der Geruch von Spongelia pallescens hat etwas parfumartiges und erinnert mich an den Geruch roher d. h. ungebrannter Kaffeebohnen" scheint bei einigen Spongien der Geruch ihres ätherischen Oeles nicht wie bei den von mir untersuchten Arten durch den penetranten Phosphorgeruch verdeckt zu sein.

rinartiger Körper, welchen ich vor Kurzem erst in farblosen Krystalltäfelchen (Fig. 8) erhalten habe. Es unterscheidet sich diese Substanz sowohl durch ihre Krystallform als auch dadurch vom Cholestearin, daß sie sich mit concentrirter Schwefelsäure und Jod nicht färbt; löst man die Krystalle aber in Chloroform auf und fügt das gleiche Volum concentrirter Schwefelsäure hinzu, so wird die Lösung blutroth, und die untere Schwefelsäureschicht zeigt grüne Fluorescenz[1]). In Suberites domuncula ist außer dem Tetronerythrin noch ein anderer Farbstoff nachzuweisen, der viel weniger lichtempfindlich als das Tetronerythrin

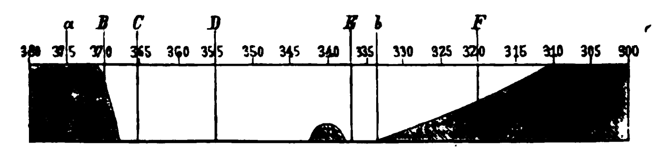


Fig. 9. Absorptionsspectrum des grünen Farbstoffes aus Suberites domuncula in ätherischer Lösung.

ist. Ist das Tetronerythrin in dem eingedickten ätherischen Auszuge von Suberites domuncula durch Belichtung zerstört, so bleibt eine grünliche, salbenartige Materie zurück, deren ätherische Lösung, spectroskopisch untersucht, beistehendes Absorptionsband (Fig. 9) erkennen läßt.

Löste ich den grünen Farbstoff, statt in Aether, in Terpentinöl, so zeigte das Spectrum der gelblichen Lösung kein Absorptionsband. Es lehrt dieser Versuch, daß das nach Belichtung des eingedickten Aetherextractes von Suberites domuncula erhaltene grüne Pigment nicht mit dem Farbstoffe identisch ist, welcher das Terpentinöl, nachdem in diesem das Tetronerythrin durch Ozon zerstört wurde, gleichfalls gelb färbt, in dessen Spectrum aber zwei Absorptionsbänder deutlich hervortreten.

---

1) Ueber die sonstigen Eigenschaften dieser Substanz vergl. meine Vergl. physiol. Studien etc. II. Abth. S. 42 ff.

Außer diesen Körpern fand ich[1]) einen prächtig fluorescirenden, dem Eosin ähnlichen Farbstoff in der Rinde von Hircinia variabilis und Steletta Wagneri. In Glycerin gelöst, zersetzt sich das rosafarbige Pigment dieser Schwämme am Lichte rasch, zugleich verschwinden seine beiden charakteristischen Absorptionsbänder, und die Lösung nimmt eine bräunliche Farbe an. Die Bleichproducte dieses Farbstoffes sind bisher nicht näher untersucht, und es kann deshalb über seine functionelle Bedeutung noch nichts ausgesagt werden.

Als Repräsentanten einer dritten Classe von Spongienfarbstoffen möchte ich das gelbe, sich an der Luft so schnell verändernde Pigment der Aplysina aërophoba betrachten, auf welches ich bereits bei einer andern Gelegenheit aufmerksam machte[2]). Schon früher theilte darüber *F. E. Schulze*[3]) folgendes mit:

---

[1]) Vergl. ibid. S. 72 und meinen Aufsatz: „Ueber die Enzymbildung in den Geweben u. Gefäßen der Evertebraten“. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 341 Anm. 3. Was an ersterem Orte über das Spectrum der Lösung des Farbstoffes von Steletta Wagneri gesagt ist, gilt nicht von der frisch angefertigten Glycerinlösung dieses Farbstoffes, sondern von der am Lichte bereits veränderten.

[2]) Vergl. physiol. Studien etc. I. Abth. S. 72.

[3]) *Schulze, F. E.* Untersuchungen über den Bau u. die Entwicklung der Spongien. Die Familie der Aplysiniden, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 30. 1878. S. 387 u. 396. Sehr beachtenswerth für die Deutung der Function des Aplysina aërophoba-Farbstoffes scheinen mir die Bemerkungen zu sein, welche *Schulze*'s Arbeit über die Farbstoffe anderer Aplysinaarten enthält. Wesentlich nur durch die Farbe unterscheidet sich nach *O. Schmidt* und *F. E. Schulze* von Aplysina aërophoba die Aplysina carnosa. *Schulze* scheint der Umstand, daß bisher keine Uebergänge zwischen den beiden so differenten Farben — Aplysina carnosa ist dunkelviolett gefärbt —, ja nicht einmal Abweichungen in der gelben Färbung bei Aplysina aërophoba beobachtet wurden, zu einer besondern Speciesbezeichnung für die violette Form zu berechtigen. Aplysilla sulfurea unterscheidet sich unter anderm von Aplysina aërophoba dadurch, daß ihr Farbenton heller ist, und daß die Farbenveränderung an der Luft nur langsam und unvollständig eintritt. Mit der gelben Aplysilla stimmt in Bau und Structur,

„Die Farbe von Aplysina aërophoba ist im Leben ein gesättigtes Schwefelgelb mit einem leichten Stich in's Grünliche". „Nimmt man den Schwamm aus dem Wasser, so tritt nach einiger Zeit zuerst an der Oberfläche und zwar besonders an solchen Stellen, die etwas gedrückt, geschunden oder sonst verletzt waren, eine anfangs grünlichblaue, darauf intensiv preußischblaue Farbe auf, welche grell gegen das leuchtende Gelb der Umgebung absticht. Allmälig wird dann der ganze Stock dunkelblau, welche Färbung schließlich beim Eintrocknen in Schwarz übergeht. Dieser merkwürdige Farbenwechsel tritt übrigens nicht nur an der Oberfläche, sondern auch an den inneren Theilen auf, sobald diese mit der Luft auf Bruchflächen etc. in directe Berührung kommen. Unter Einwirkung von Spiritus wird die ganze Schwammmasse dunkelbraunviolett. Ebenso färbt sich der benutzte Spiritus, aus welchem dann bald am Boden und an den Wänden des Gefäßes ein brauner körniger Niederschlag sich absetzt."

„Bringt man einen Schnitt von einer lebenden Aplysina aërophoba, welcher sich nach Einwirkung der atmosphärischen Luft schon in wenigen Minuten zuerst an den Randpartien, später auch in den mittleren Theilen von den Schnittflächen aus dunkelblau zu färben beginnt, während dieses Farbenwechsels unter das Mikroskop, so kann man sich leicht davon überzeugen, daß dieses merkwürdige Phänomen sich ausschließlich an gelben Körnern in der Weise vollzieht, daß deren leuchtendes Gelb zunächst in ein blasses Blaugrau, darauf in ein reineres Blau und schließlich in ein ganz dunkles Preußischblau übergeht. Dabei wird die Körnermasse zuerst etwas durchscheinender und compacter, schließlich aber wieder ganz opak. Durch Einwirkung von Essigsäure wird der

---

nur wieder nicht in der Farbe die blaßrosafarbige Aplysilla rosea überein. „Ich würde Bedenken tragen", sagt *F. E. Schulze* (a. a. O. S. 416), „beide als besondere Arten zu trennen, wenn nicht hinsichtlich der Farbe jeder Uebergang, ja sogar jegliche Annäherung fehlte."

gelbe Farbstoff der Körner ohne Aenderung der Farbe gelöst und breitet sich gleichmäßig über das ganze Präparat aus. Nach Application von Ammoniak werden die gelben Körner hellbraun und heben sich schärfer von einander ab, eine Lösung des Farbstoffes tritt dagegen nicht ein. Durch Aether und absoluten Alkohol wird die gelbe Substanz der Körner langsam gelöst, sodaß schließlich kaum noch etwas von ihnen zu sehen ist."

Betupfte ich Querscheiben des Stockes auf der Schnittfläche mit Ammoniak, mit einer Lösung von Schwefelammonium oder von Ammoniumsesquicarbonat, so färbten sie sich bräunlich resp. blauschwarz, während sich ihre Farbe nach dem Benetzen mit Sodalösung nicht eher veränderte als bei der Berührung mit der Luft. Preßte ich dagegen die Aplysina möglichst rasch aus und setzte zu dem gelben Safte Sodalösung von derselben Concentration, als die besaß, welche sich an den Querscheiben als wirkungslos erwiesen hatte, so trat sogleich eine blauschwarze Färbung ein. Aplysina bietet uns demnach ein sehr prägnantes Beispiel für die Erscheinung, daß ein Körper, solange er in dem lebenden Gewebe weilt, sich augenscheinlich ganz anders verhält, als wenn er dasselbe verlassen. Auf die Farbe der unversehrten lebenden Aplysina übt die Luft keinen directen Einfluß aus, auf das bloßgelegte Gewebe zwar die Luft aber nicht die Sodalösung, während der ausgepreßte gelbe Saft auch durch die Sodalösung, und zwar momentan blauschwarz gefärbt wird.

Nachdem die Frage nach den respirirenden Farbstoffen angeregt und von mir an ausgewählten Vertretern aller Typen weiter verfolgt war, mußte die Einwirkung von Gasen auch auf den Aplysinafarbstoff näher untersucht werden.

Ich experimentirte an Querscheiben und an dem Preßsafte: Erstere brachte ich unter die aus dem Vorhergehenden bekannte Trichtervorrichtung, Letzterer wurde in Cylindergläsern mit den Gasen gesättigt. Die Resultate waren folgende:

In reinem Sauerstoffgase bläuen und schwärzen sich die Schnittflächen an den Querscheiben des Aplysinastockes nicht auffallend früher als an der atmosphärischen Luft, während der gelbe Preßsaft beim Schütteln mit Sauerstoffgas meist eher dunkelt als beim Schütteln mit atmosphärischer Luft.

In einer reinen Kohlensäureatmosphäre behielten die Querscheiben bei meinen Versuchen 20—50 Minuten lang ihre natürliche schwefelgelbe Farbe; Stücke, die sich nach dem Anschneiden an der Luft leicht gebläut hatten, verloren, wovon ich mich bei mehreren Versuchen zweifellos überzeugen konnte, in der Kohlensäureatmosphäre wenigstens etwas von ihrem dunkeln Tone, wennschon sie nicht wieder so schön gelb wurden, als sie anfänglich gewesen waren. An den Querscheiben die gelbe Farbe durch Ueberleiten von Kohlensäure stundenlang zu erhalten, gelang mir nicht; auch in einer abgeschlossenen Kohlensäureatmosphäre verfärbten sich, wie ich früher mittheilte[1]), die Aplysinaäste ziemlich schnell. Beim Einleiten und Schütteln mit Kohlensäure färbt sich der gelbe Preßsaft innerhalb mehrerer Minuten nicht dunkel.

Nach diesen Versuchen unterliegt es keinem Zweifel, daß die Schwärzung des gelben Farbstoffes von Aplysina aërophoba nicht wie bei einigen Ascidien durch die Kohlensäure der Luft veranlaßt wird, sondern durch den Sauerstoffgehalt derselben. Auch im Finstern tritt diese Farbenveränderung an Aplysina auf.

Der Farbstoff von Aplysina weicht auch darin von dem oben genannter Ascidien ab, daß er durch Schwefelwasserstoffgas blauschwarz gefärbt wird. Der gelbe Preßsaft nimmt beim Schütteln mit Schwefelwasserstoff diese Färbung sofort an, an den Querscheiben erfolgt der Umschlag der Farbe in ein Blauschwarz allmäliger, tritt aber ungleich rascher ein als an der atmosphärischen Luft. Die zur Hälfte in Wasser getauchten Quer-

---

[1]) *Krukenberg*, Vergl. physiol. Studien etc. I. Abth. S. 72.

scheiben waren unter dem mit Schwefelwasserstoff gefüllten Trichter in 3 bis 5 Minuten blauschwarz geworden. Brachte ich darauf die Scheiben in eine Kohlensäureatmosphäre, so schienen sie mir wieder etwas heller zu werden.

Fast ebenso gut wie in Kohlensäure erhielt sich an den Querscheiben das gelbe Colorit in einer — wie durch Einleiten des Gases in Kalkwasser festgestellt wurde — von Kohlensäure durchaus freien Kohlenoxyd-[1]) oder Wasserstoffatmosphäre. Der Wirkung dieser Gase entsprechend, wird vielleicht auch die Kohlensäure weniger activ als Säure als vielmehr passiv durch Fernhaltung des Sauerstoffs die Gelbfärbung conserviren helfen.

Obgleich das Häutchen, welches den gelben körnigen, sich durch Sauerstoffaufnahme so rasch bläuenden Zelleninhalt von der Außenwelt abschließt, kaum fester gefügt und stärker sein dürfte als die Wandungen unserer Lungencapillaren, obgleich wohl niemand Anstoß nehmen würde, dem Hämoglobin auch bei den Thieren eine Bedeutung für das Respirationsgeschäft beizulegen, wo wir einen Farbenunterschied zwischen arteriellem und venösem Blute nicht nachzuweisen vermögen, so wird sich doch schwer entscheiden lassen, ob der gelbe Farbstoff für den Organismus der Aplysina — so bejahend auch unsere Versuche ausfielen — einen dem Hämoglobin etc. anderer Thiere functionell gleichwerthigen Stoff repräsentirt. Mir scheint der Bestand dieser gelben Körnchen in dem lebenden Aplysinagewebe gerade das Gegentheil zu verbürgen und anzudeuten, daß in diesem noch andere Materien für uns unsichtbar existiren, welche zum Sauerstoff ein viel größeres Verwandtschaftsvermögen besitzen als der gelbe Farbstoff, daß dieser — weit davon entfernt bei der Respiration Dienste zu leisten — durch jene vor den tiefgreifenden Verän-

[1]) Das Kohlenoxydgas wurde wie bei meinen früheren Versuchen aus Oxalsäure durch concentrirte Schwefelsäure entwickelt und durch Natronlauge von der Kohlensäure gereinigt.

derungen, welche er außerhalb der lebenden Zelle durch den Luftsauerstoff erfährt, gleichsam geschützt wird. Aber nicht nur in lebenskräftigen Geweben verborgen, von dem thätigen Zellenleib umschlossen, entsagen der Sauerstoffaufnahme die oxydabelsten Substanzen; auch in Secreten, nur von der lebenden Membran in weiten Behältern umgeben, bleiben die sauerstoffbegierigsten Körper unoxydirt. Das Lebersecret vieler Krebse färbt sich an der Luft rasch dunkler; solange es in der Vorderdarmampulle des lebenden Thieres weilt, beobachtet man dagegen an ihm diese Verfärbung nicht. Und wieder ganz abweichend von diesem Verhalten zeigt das von Hirudo gesogene Blut, wenn man es dem Darme des lebenden Thieres rasch entnimmt, zwischen zwei Objectträgern ausbreitet und spectroskopisch untersucht, noch nach Tagen oder Wochen, seitdem es von dem Egel aufgenommen wurde, die beiden Absorptionsbänder des Oxyhämoglobins.

Alle diese Thatsachen werfen ein sehr merkwürdiges Licht auf die Gang und Gebe gewordene vergleichend physiologische Behandlung der Respirationsvorgänge. Sie lehren zweifellos, daß das, was wir von der Sauerstoffaufnahme und der Sauerstoffabgabe bei den lebenden Wesen zu sehen bekommen, in den meisten Fällen nur Processe von sehr untergeordnetem Werthe für die Gesammterscheinung der Respiration sind. Wie wir erfuhren, fehlen die metallhaltigen albuminösen Farbstoffe auch vielen Thierformen, bei denen der Sauerstoff der Luft oder des Wassers den Zellen weder durch Tracheen noch durch Wassergefäße direct zugeleitet wird, und wo wir sie antrafen, begegneten wir zugleich in den Geweben Sauerstoffreserven, welche zweifelsohne durch Substanzen geschaffen werden, welche den Sauerstoff fester binden als die primären Sauerstoffträger. Wer vermag unter diesen Umständen anzugeben, was die eiweißartigen, metallischen Pigmente für die Athmung der Wirbellosen leisten, an welcher Stelle ersprießliche Untersuchungen einzusetzen haben?

Ich werde später in meinen Beiträgen zur Physiologie von Luvarus imperialis darlegen, daß nur Eine Erklärung der Function des in einzelnen Muskeln dieses Fisches abgelagerten Hämoglobins möglich ist. Wie bei Luvarus imperialis die vom Herzen aus am dürftigsten mit Blut versorgten Muskelgruppen mit Hämoglobin imprägnirt sind, und auf diese Weise der situelle Uebelstand compensirt wird, so haben auch bei einigen Wirbellosen gewisse Gewebe ihre besondere Respirationsvorrichtung, und diese unterscheidet sich sogar nicht selten durch die Eigenartigkeit der Stoffe, welche die Sauerstoffübertragung vermitteln, von dem allgemeinen Athmungsproceß des Thieres. Man wird sich das Hämoglobinvorkommen [1]) in Ganglien [2]), glatten wie quergestreiften Muskeln [3]) und in Drüsen [4]) nicht dadurch erklären können, daß man sagt — wie es thatsächlich geschehen ist — gewisse Thiere athmeten durch die mit Hämoglobin gefärbten Ganglien oder Muskeln; nur die Ganglien werden nach meiner Ansicht durch das in ihnen deponirte Hämoglobin athmen, nur die Muskeln, wenn sie es enthalten, und nicht der ganze Thierleib. Die Annahme, daß sich die Athmung bei dem einen Thiere durch das Blut in den Lungen, bei einem andern durch die Gan-

[1]) Die Literatur über den Hämoglobingehalt der Muskeln und Ganglien ist von mir in einer frühern Arbeit (Beitr. z. Kenntniß d. Verdauungsvorgänge. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 20) zusammengestellt. Es sei deßhalb nur noch die allerneueste Literatur hier berücksichtigt.

[2]) *Hubrecht, A. A. W.* Zur Anatomie u. Physiologie des Nervensystems der Nemertinen. Amsterdam 1880.

[3]) *Kühne,* Zur Geschichte des Hämoglobins der Muskeln. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 133—136.

[4]) Ueber Hämoglobinzellen in der Nebenniere und der Winterschlafdrüse vergl. *B. Afanassiew*, Weitere Untersuchungen über den Bau u. die Entwicklung der Thymus und der Winterschlafdrüse der Säugethiere. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XIV. 1877. S. 379—383.

glien und bei einem dritten durch die Muskeln vollzieht, scheint mir auf erhebliche Schwierigkeiten zu stoßen.

Da, wo die metallhaltigen eiweißartigen Farbstoffe die lebenden Gewebe selbst erfüllen, könnten sie auch für die Gewebsathmung direct belangreich sein. Sie könnten andere Substanzen, durch welche der Sauerstoff in den einzelnen Geweben aufgestapelt gehalten wird, entbehrlich machen. Auf die Verschiedenheit der sauerstoffbindenden Körper in den einzelnen Geweben dürften sich manche Abweichungen ihres Verhaltens bei eintretendem Sauerstoffmangel erklären. Diese Andeutungen von Fragen, deren experimentelle Bearbeitung der Zukunft überlassen bleibt, müssen vorläufig genügen; aus ihnen wird ersichtlich geworden sein, wie verfrüht alle Speculationen über den functionellen Werth des Hämoglobins, des Hämocyanins, des Hämerythrins, des Chlorocruorins u. s. w. für die Respirationsvorgänge bei den Wirbellosen zur Zeit erscheinen müssen.

Ueber die Curare- und Strychninwirkung an Turris digitalis, Aequorea Forskalea und Carmarina hastata.

Obschon *Eimer* gleich mir willkürliche und unwillkürliche Bewegungen der Schwingplättchen bei Beroë annimmt, sich durch Versuche gleich mir überzeugt hat, daß sich die orale und anale Hälfte dieses Thieres anfangs durchaus verschieden verhalten, gibt er von seinen Untersuchungen folgendes Resumé[1]). „Ein streng lokalisirtes, körperlich umschriebenes centrales Nervensystem kommt bei Beroë nicht vor; die centralen Nervenzellen sind bei ihr über den ganzen Körper verbreitet, finden sich indessen in größerer Anzahl in der Gegend des Afterpols als sonstwo — hier, in der Gegend des Afterpols beginnen die centralen Nervenzellen sich in größerer Anzahl zu sammeln, und es bereitet sich so die Ausbildung eines strenger lokalisirten centralen Nervensystems vor." Allerdings, wenn man automatische, Reflex-, Hemmungs- und Willenscentren zu unterscheiden nicht für nöthig erachtet, stets x=x setzt, wird man nicht nur bei Beroë, sondern bei der physiologischen Untersuchung jedes lebenden Geschöpfes zu dem *Eimer*'schen Resultate gelangen. Wenn man, wie *Eimer* an dieser Stelle, vielleicht ohne es zu wissen, statt Ganglien einfach die Bezeichnung centrale Nervenzellen gebraucht, so muss es nicht nur bei den Rippenquallen von vornherein als widersinnig erschei-

[1]) *Eimer*, Versuche über künstliche Theilbarkeit von Beroë ovatus. Arch. f. mik. Anat. Bd. XVII. 1880. S. 234.

nen, centrale Nervenzellen ausschließlich auf eine bestimmte Stelle des Körpers beschränkt finden zu wollen[1]), sondern auch bei allen Wirbelthieren. Mit demselben Rechte, wie *Eimer* von Beroë sagt: „Ein streng lokalisirtes, körperlich umschriebenes centrales Nervensystem kommt bei Beroë nicht vor", kann man diesen Satz selbst auf den Menschen anwenden; denn auch bei diesem finden sich bekanntlich extracerebrospinale Reflex- und automatische Centren.

Mir ist ferner unverständlich, wie Forscher —, von denen man doch wohl annehmen darf, daß sie sich vor Beginn der Deutung ihrer Beobachtungen von *Bernard*'s, *Steiner*'s und Anderer ganz abweichenden Versuchsergebnissen an Arthropoden und Mollusken, welche ich nur zu bestätigen vermochte, Kenntniß verschafft hatten —, welche nach ihrer Meinung das Strychnin, Curare etc. an Quallen dieselbe Wirkung wie an den Wirbelthieren äußern sahen, sich nicht von der Neuromuskelzellentheorie völlig frei machen können und nicht auf Grund der Ergebnisse ihrer physiologischen Studien zu der Auffassung gelangen, daß die Nerven und Muskeln bei den von ihnen untersuchten Medusen wenigstens functionell eine viel größere Uebereinstimmung mit den entsprechenden Apparaten der Wirbelthiere bekunden als die wohl gesonderten Nerven und Muskeln der darauf geprüften Arthropoden und Mollusken. Wie wenig übrigens die Autoren die vermeintlichen Ergebnisse ihrer toxicologischen Versuche würdigten, dürfte schon daraus ersichtlich werden, daß nach *Eimer* trotz der „sehr bemerkenswerthen Versuche" [2]) von *Romanes* über die Curarewirkung an Medusen, sich für diese „nicht bestimmen läßt, inwieweit die Fortpflanzung der Contractionen von den contractilen

---

[1]) *Eimer*, ibid. S. 239.

[2]) *Eimer, Th.* Die Medusen physiologisch und morphologisch auf ihr Nervensystem untersucht. Tübingen. 1878. S. 101.

Zonen aus wesentlich durch die Muskulatur oder durch Nerven geschieht“ [1]).

Bedeutungsvoll erscheinende Schlußfolgerungen früherer Beobachter hatten sich mir schon bei meinen vorjährigen Untersuchungen [2]) als unrichtig erwiesen. So zeigte ich entgegen den Angaben von *Agassiz*, *Romanes* und *Eimer*, daß an den Stoffen der Alkoholgruppe bei den von mir untersuchten Medusen und Actinien ebensowenig wie bei Hirudo und Eledone eine Wirkung auf nervöse Theile nachweisbar ist, weil die Muskeln längst gelähmt sind, bevor sich eine Wirkung auf nervöse Apparate bemerkbar macht. Ich berichtigte in Bestätigung der Versuche von *Romanes* die Angaben von *Vulpian* [3]) und *Steiner* über die Curarewirkung an den Cölenteraten und wies nach, was *Romanes* unterlassen hatte [4]), daß nicht die Muskeln, sondern nervöse Elemente durch

---

[1]) *Eimer*, ibid. S. 132.

[2]) *Krukenberg*, Vergl. physiologische Studien a. d. Küsten der Adria. I. Abth. S. 130 ff.

[3]) Die ersten Versuche über die Curarewirkung an Cölenteraten scheint *A. Vulpian* gemacht zu haben. In seinen Leçons sur la physiologie gén. et comp. du système nerveux. Paris. 1866. p. 30 heißt es: „Pour bien démontrer, qu'il n'y a pas chez les Polypes un système de nerfs offrant avec les parties contractiles des rapports analogues à ceux, qui existent chez les Vertébrés, on pourrait peut-être invoquer un autre argument, si l'on pouvait tirer quelque déduction valable de l'action des poisons sur ces êtres inférieurs“. „Le Polype (Hydra viridis), mis dans une quantité de curare suffisante pour empoisoner une Grenouille, mais insuffisante pour agir chimiquement sur ces tissus, n'est past empoisoné et continue à vivre et à se mouvoir tant que l'eau ne croupit pas. Mais, je le repète, c'est là une donnée sans grand valeur; et on peut d'autant moins en tenir compte que, même chez les animaux supérieurs, comme nous le verrons, le curare n'agit pas d'une façon identique sur les nerfs moteurs de différentes sortes.“

[4]) Es liegt mir fern, gegen *Romanes*' Versuch einen Einwand zu erheben, den man nicht, rein objectiv, als im vollsten Maße berechtigt zulassen müßte. Der Beweis für die Intactheit der Muskeln ist bei den Versuchen über die Curarewirkung an Wirbellosen schon deßhalb durchaus erforderlich, weil, wie ich gezeigt habe, bei Eledone moschata dem Cu-

das Curare beeinflußt werden. Endlich erlaubte ich mir zu bemerken, daß weder die Wirkung des Strychnins und Morphins noch die irgend eines anderen Giftes auf die Cölenteraten von früheren Untersuchern ermittelt war.

Steiner's und meine erfolglosen Injectionsversuche mit Curare an Medusen hatten mich zu der auch von Anderen vertretenen Meinung geführt, daß bei Lähmung der motorischen Nerven in einigen Körpergebieten die auf Muskeln durch intact gebliebene Nervenfäden vom Centralorgane aus übertragenen Impulse durch die Muskeln selbst fortgeleitet werden können.

Schon *Romanes*[1]) gab an, es sei ihm gelungen, die eine Hälfte

---

rare nur eine Wirkung auf außerhalb der peripherischen Ganglien gelegene Theile, höchst wahrscheinlich auf contractile Gebilde zukommt. Hätte sich *Romanes* bei seinen Vergiftungsversuchen an Medusen statt seiner Beobachtungen über die Zahl und Energie der Contractionen, welche er weitläufig beschreibt, nach dem Befinden der contractilen Gebilde seiner Versuchsthiere erkundigt, was bekanntlich nur durch Anwendung der electrischen Reizung möglich ist, so hätte er sich vor manchem Irrthum bewahrt, und seine Untersuchungen würden alsdann unsre vollste Anerkennung verdienen. So bleibt er aber von der irrigen Meinung befangen, daß die Gifte auf alle Thiere, an denen sie überhaupt eine Wirkung äußern, stets genau in derselben Weise wirken. Ihm genügt es, das Vergiftungsbild umständlich zu beschreiben, auf die Analyse desselben, die allein wissenschaftlichen Werth besitzt, verzichtet er. Aus diesem Grunde entgeht es ihm, wie es vor ihm *Agassiz* entgangen war, daß die Anästhetika für die Medusen keine Ganglien- sondern Muskelgifte sind; er sieht Krämpfe überall da entstehen, wo es keine nachzuweisen gibt, aber wo er sie nach seiner Anschauung fordern muß; ihm blieb es unbekannt, daß das Curare auf Mollusken nachweisbar ganz anders wirkt als auf Wirbelthiere, daß an Krebsen und anderen Wirbellosen bei der Strychninvergiftung nichts von einem Tetanus zur Beobachtung gelangt etc. etc. *Romanes'* toxicologische Untersuchungen stellen deßhalb so lange ein unverwerthbares, todtes Kapital in der Wissenschaft vor, bis sie durch Versuche über das Verhalten der Muskeln in den einzelnen Vergiftungsfällen vervollständigt sein werden.

[1]) *Romanes, G. J.* Preliminary Observations on the Locomotor System of Medusae. Philosoph. Transactions of the R. Soc. of London. Vol. 166. 1876. Part I. S. 299 ff.

einer **Staurophora laciniata**, welche so getheilt war, daß sie mit der anderen nur noch durch eine schmale Brücke verbunden war, durch Curare zu vergiften, die andere dagegen intact zu lassen. Das genaue Ergebniß dieses Versuches an verschiedenen Medusenarten aus eigener Anschauung zu kennen, hatte für mich ein doppeltes Interesse; denn erstens konnte durch diese Versuchsanordnung die Wirkung des Curare sicher festgestellt werden, und zweitens ließ sich dadurch in Erfahrung bringen, ob ausschließlich Nervenfasern die Impulse leiten oder ob auch die Muskeln, wenigstens indirect, bei der Leitung betheiligt sind.

Ich war bei Medusen und Actinien früher auf einem weniger exacten Wege zu der Ansicht gelangt, daß nur die Nerven oder Theile derselben, nicht gangliöse Gebilde durch das Curare alterirt werden. Ich hatte beobachtet, daß sich Actinien und Medusen von der Wirkung gewisser Gifte, denen ich aus verschiedenen anderen Gründen eine centralnervöse Wirkung auch auf diese Thiere zuschreiben mußte, äußerst schwer, bei einigermaßen längerer Einwirkung garnicht wieder erholten, während sie dagegen eine selbst tagelang andauernde Lähmung durch Curare unschwer überstanden. Die z. B. durch Nicotin und Curare hervorgerufenen Effecte waren zu verschieden, als daß ich sie auf ein und dasselbe Organ beziehen konnte, und auch die strychnisirten Actinien und Medusen zeigten in ihrem Verhalten zu bedeutende Abweichungen von den curarisirten, als daß ich vermuthen durfte, durch diese Gifte ein und denselben Effect erzielt zu haben. Um aber ganz sicher von dem Werthe meines früheren Schlusses überzeugt zu werden, führte ich den beabsichtigten Versuch in folgender Weise aus:

Eine große **Aequorea Forskalea**, etwa 20 Ctm. im Durchmesser, wurde durch einen von oben nach unten geführten Schnitt in zwei gleiche Hälften zerlegt, welche nur noch durch eine, wenig mehr als fingerdicke, muskelreiche Substanzbrücke an dem einen

Rande zusammenhingen. Ueber zwei dicht nebeneinander gestellte Gläser, jedes von 1 Liter Fassung, wurde die Aequorea in der Art, wie es von Beroë beschrieben wurde, hinübergebrückt, sodaß die eine Hälfte der Meduse in stark curarisirtem, die andere in reinem Meerwasser flottirte.

Der Versuch begann 4 h. 25 min. Anfangs setzten die Contractionen an beiden Hälften aus, als ich die Meduse aber um 4 h. 35 min. wieder beobachtete, führte die im unvergifteten Wasser befindliche Hälfte schon wieder selbständige Contractionen aus, die sich an Zahl und Stärke von denen normaler Aequoreen nicht unterschieden; kurz darauf erschienen dieselben auch an der Hälfte im Curarewasser in regelmäßiger Form wieder. Da ich an der curarisirten Hälfte von 4 h. 42 min. nicht durch tactile, sondern nur noch durch electrische Reize Bewegungen auslösen konnte, die vergifteten auch nicht mehr auf Reizung der unvergiftet gebliebenen Octanten reagirten, so setzte ich die Meduse 5 h. 7 min. in einen größern, mit frisch geschöpftem Meerwasser gefüllten Behälter. 5 h. 12 min. sah ich die Contractionen an dem unvergifteten Theile wieder normal verlaufen, und dieser schien sichtliche Anstrengungen zu machen, die unbewegliche Hälfte mit sich an die Oberfläche des Wassers zu führen, was ihm aber nicht gelang. Genau soweit, wie die Aequorea sich in der Curarelösung befunden hatte, war an ihr Unbeweglichkeit eingetreten, während die stets von reinem Meerwasser umspült gewesene Hälfte nach dem Ueberbringen der Meduse in das größere Wasserreservoir sich völlig wohl befand; nach einigen Stunden jedoch wurden, trotzdem ich das Wasser inzwischen dreimal erneuert hatte, auch an dieser die Contractionen schwächer und es glückte mir nicht, sie so lange am Leben zu erhalten, bis die partielle Vergiftung durch Curare von ihr überwunden war. Ich habe den Versuch mit zwei anderen Aequoreen in derselben Weise wiederholt und an beiden in der Curarelösung die-

selbe vollständige Lähmung bei electrisch reizbar gebliebener Muskulatur auftreten sehen, während die unvergiftet gelassene Hälfte nicht aufhörte, sich selbständig kräftig und rhythmisch zu contrahiren. Die letzteren Experimente hatte ich an Aequoreen, welche nicht unbedeutend kleiner waren als das zum ersten Versuche benutzte Exemplar, ausgeführt, und an ihnen sah ich auch die Genesung von der Curarevergiftung am nächsten Tage eintreten; eine derselben habe ich in ihrem getheilten Zustande noch zwei weitere Tage hindurch beobachten können, während bei der andern beide Hälften durch einen Unfall getrennt wurden.

Durch Versuche überzeugte ich mich, daß man auch an Aequorea Forskalea, wie es *Romanes* und *Eimer* für andere Craspedoten nachwiesen, mehr als die Hälfte des Schirmrandes entfernen kann, ohne daß die regelmäßigen Contractionen an der Meduse erlöschen; um ihr diese unmöglich zu machen, bedarf es der Abtrennung des ganzen Schirmrandes. Hätten also die im Schirmrande lagernden centralnervösen Elemente durch das Curare ausschließlich eine Veränderung erlitten, so wäre dadurch, daß wir die eine Hälfte der Meduse in Curarelösung setzten, kein anderer Effect hervorzubringen gewesen, als wenn wir den halben Schirmrand durch's Messer entfernt hätten; aber an einfach zertheilten Aequoreen, wo die Substanzbrücke, welche die beiden Hälften zusammenhielt, kaum ein Drittel des Durchmessers von dem der halbcurarisirten besaß, contrahirte sich die des Schirmrandes beraubte Hälfte noch sehr kräftig. Wie dadurch nachgewiesen ist, daß die im Schirmrande liegenden Centralorgane jedenfalls nicht ausschließlich, höchst wahrscheinlich durch das Curare gar nicht direct afficirt sind, so läßt sich auch anderseits zeigen, daß die Muskeln an der curarisirten Hälfte intact blieben. Der curarisirte Theil der Meduse verhält sich genau so wie das curarisirte ganze Thier; er zieht sich auf tactile Reize nicht zu-

sammen, wohl aber auf electrische; die Muskeln haben demnach ihr Contractionsvermögen nicht eingebüßt. Reicht aber eine Wirkung auf ganglionäre Gebilde zu ihrer Erklärung nicht aus, erweisen sich die Muskeln als intact, dann müssen nothwendig die motorischen Nerven durch das Curare functionsunfähig geworden sein; ob diese in ihrer ganzen Länge oder, wie man wohl per analogiam erwarten sollte, nur ihre peripheren Enden gelähmt sind, wird sich experimentell für die Medusen kaum entscheiden lassen; wir erfahren durch unsere Versuche aber wenigstens soviel, daß die Curarewirkung an Medusen und Wirbelthieren unter einander mehr Uebereinstimmung bietet, als wie, mit diesen verglichen, die Curarewirkung an Gastropoden (Helix, Aplysia, Doris etc.) und Lamellibranchiaten (Anodonta, Mytilus, Pholas etc.), ja sogar wie die an Cephalopoden [1]) (Eledone, Sepia). Zugleich lehrt dieses Versuchsergebniß, daß bei Aequorea Forskalea die Nervenfasern ganz ausschließlich die Impulse leiten, daß bindegewebige Substrate und Muskeln dazu untauglich sind. Könnten motorische Reize von den Muskeln direct oder indirect fortgeleitet werden, so würden wir an der curarisirten Hälfte keine Lähmung beobachten.

Obgleich ich mein Augenmerk auch darauf richtete, ob sich bei Aequorea Forskalea der Lähmungszustand in der Curarelösung an einzelnen Muskelgruppen regelmäßig eher ausbildete als an anderen, konnte ich Derartiges nicht beobachten. Sehr

---

[1]) Nachträglich sei bemerkt, daß gleichzeitig mit *Klemensiewicz*, aber von ihm unabhängig, auch *Colasanti* die Wirkung des Curare an Eledone geprüft hat. In *Colasanti's* Aufsatze: Contribuzione alla conoscenza della azione fisiologica del curaro. Roma 1878. S. 6. Anm. 1 heißt es: „Lavoro eseguito nel Laboratorio . . . . sperimentò che il Curaro anche in forti dosi non ha nessun effetto sopra i cefalopodi (Eledone moschata), mentre la stricnina vi esercita una azione venefica e gli animali ne muoiono con convulsioni tetaniche". Ich habe jedoch gezeigt, daß das Curare nicht immer unwirksam auf Eledone ist.

deutlich markirten sich temporäre Unterschiede in der Erschlaffung der Muskeln an der zur Hälfte curarisirten Carmarina hastata. Dieselbe war genau in der Weise wie die Aequoreen getheilt; auch der Athemsipho (Magenstil *Häckel*'s) war durch den Schnitt in zwei symmetrische Stücke zerlegt, die eine Hälfte mittelst der bekannten Vorrichtung curarisirt, die andere unvergiftet gelassen. Ich führte den Versuch zuerst an einem schönen, großen Exemplare aus und wiederholte ihn an einem kleineren.

Das erste Experiment nahm 3 h. 58 min. seinen Anfang. Die rhythmischen Athembewegungen setzten schon um 4 h. 12 min. vollständig aus, und tactile Reize wurden weder durch eine einmalige noch durch mehrere Contractionen des Schirmes von der Carmarina beantwortet. Selbst 4 h. 40 min. bewegte sich aber auf Reize, welche das Verbindungsstück der Carmarinahälften trafen, die curarisirte Hälfte des Athemsiphos, und nach 5 h. beobachtete ich noch automatische Bewegungen der Randtentakeln in der Curarelösung. Die rhythmischen Pulsationen hatten in der unvergifteten Hälfte bis zum Abschluß des Versuches mit größeren oder geringeren Unterbrechungen fortbestanden und waren um 5 h. wieder besonders energisch geworden. Auch bei der Wiederholung des Experimentes an einer kleineren Carmarina bewiesen sowohl der Athemsipho wie die Randtentakeln eine große Immunität dem Curare gegenüber.

Nicht so befriedigend fielen meine Versuche an Turris digitalis aus. Fünf Exemplare von ungewöhnlicher Größe und Schönheit hatte ich mir zu diesen Untersuchungen aus einer größern Anzahl auserwählt. Ich führte den Schnitt wie bei Aequorea und Carmarina von oben nach unten und ließ die beiden Hälften an der einen Seite des Glockenrandes durch eine fast fingerdicke Gewebsbrücke in Verbindung; legte ich diese in bekannter Weise über die Glasränder meines einfachen Apparates

in welchem die eine Hälfte der Turris von stark curarisirtem, die andere von reinem Meerwasser umspült wurde, so beobachtete ich keine auffälligen Unterschiede im Eintritt der Lähmung an den beiden Hälften.

5 h. 3 min. hatte ich die Turris über die Glasränder gebrückt und bemerkte kurz darauf sowohl an der im Curarewasser als an der in reinem Meerwasser befindlichen Hälfte ganz regelmäßige, willkürliche Zusammenziehungen; 5 h. 40 min. waren diese sehr schwach geworden, aber an beiden Hälften noch deutlich zu erkennen. Trennte ich alsdann das curarisirte Stück ab, so fand ich bald es bewegungslos und unempfindlich gegen tactile Reize, seine Muskeln aber noch electrisch erregbar, bald benahm es sich genau so wie die ausschließlich mit reinem, frisch geschöpftem Meerwasser in Berührung gewesene Hälfte. Diese Versuchsergebnisse können nicht darüber entscheiden, ob sich Turris digitalis wie Carmarina hastata verhält, oder ob ihren Muskeln wirklich ein Leitungsvermögen zukommt.

Ueber die Strychninwirkung an Medusen wurde bisher nichts Bemerkenswerthes ermittelt. Ich stieß bei Ausführung meiner Strychninvergiftungen nicht nur bei Actinien und Medusen, sondern auch bei vielen Mollusken, Krebsen und Würmern auf sehr unbestimmte Vergiftungssymptome, die einer Erklärung außerordentlich schwer zugängig sind. Bei den Medusen war voraussichtlich noch am leichtesten über die Strychninwirkung ins Klare zu kommen, und zwar indem man, wie bei der halbseitigen Curarevergiftung, die bis auf eine fingerdicke Gewebsschicht halbirte Meduse zur Hälfte in eine Strychninnitratlösung, zur Hälfte in reines Meerwasser brachte.

Ich führte diesen Versuch dreimal an mittelgroßen, frisch eingefangenen Carmarina hastata aus und erhielt im Wesentlichen bei allen drei Versuchen ein übereinstimmendes Resultat.

Die Beschreibung eines Versuches macht deshalb die der anderen entbehrlich.

11 h. 30 min. hatte ich die Carmarina in beschriebener Weise halb in strychnisirtes, halb in unvergiftetes, frisch geschöpftes Meerwasser getaucht. 11 h. 36 min. heftige Pulsationen am unvergifteten Stücke. 11 h. 40 min. treten auch an der strychnisirten Hälfte selbständige, energische Contractionen auf, welche sich auf die unvergifteten Theile nicht sichtbar fortpflanzen, und 11 h. 14 min. rollt sich in der Strychninnitratlösung der Schirmrand centralwärts ein. Noch um 12 h. 5 min. beobachtete ich selbständige Contractionen an der strychnisirten Hälfte. Es waren alles nur Symptome, denen man entnehmen muß, daß das Strychnin zwar entschieden eine Wirkung an Carmarina äußert, über deren Ort man aber auf diesem Wege durchaus nichts erfährt. Die selbständigen Bewegungen, welche stundenlang bald stärker, bald schwächer fortbestehen bleiben, verbürgen, daß sowohl gangliöse Apparate und Nervenfasern als Muskeln in der Strychninlösung functionsfähig geblieben sind. Die Schwankungen in der Intensität und Rhythmik der Contractionen können einen sehr verschiedenen Grund haben, auf sie ist gar kein Gewicht zu legen; denn die mannigfachen Umstände, welche sie in exquisitem Maße herbeiführen und, wie ich annehmen muß, vorwiegend spontaner Natur sind, lassen sich bei einem Versuche von einigermaßen längerer Dauer nicht im Mindesten beurtheilen.

Als die rhythmischen Bewegungen an beiden Hälften der Meduse gegen 12 h. ausnehmend langsam verliefen, berührte ich die Carmarina sanft mit einer Nadel gerade an der Stelle, wo der Verbindungsstreifen ins unvergiftete Meerwasser tauchte, einen Bezirk also, welcher mit der Strychninlösung wenigstens nicht in unmittelbare Berührung gekommen war. Der Effect war ein unerwarteter. Auf den schwachen tactilen Reiz reagirte nicht die unvergiftet gebliebene Hälfte, sondern die in der Strychnin-

lösung befindliche durch mehrere ziemlich energische Contractionen. Diese Ueberempfindlichkeit beobachtete ich noch 1 h. 30 min. Bis dahin hatte ich die beiden Carmarinahälften etwa zwanzigmal auf ihre Reizempfänglichkeit geprüft, indem ich bald dem strychnisirten Theile näher, bald von ihm entfernter die im reinen Meerwasser weilende Medusenhälfte mit der Nadel gelinde berührte. Trat überhaupt eine Contraction ein, was meist der Fall war, so reagirte ausnahmslos auf den Reiz die strychnisirte Hälfte, während die unvergiftete, wenn der Reiz hinreichend schwach gewesen war, keine Contraction ausführte.

Dieser Ueberempfindlichkeit, welche durch das Strychnin an der einen Medusenhälfte bewirkt war, begegnete ich auch bei den beiden anderen Carmarinen, mit welchen dieser Versuch wiederholt wurde; an Einer derselben, welche in eine schwache Strychninnitratlösung gesetzt war, verfolgte ich diesen Zustand länger als zwei Stunden.

Bei Carmarina werden, das lehren diese Versuche aufs Evidenteste, ebenso wie bei Wirbelthieren normal vorhandene Hindernisse für die Ausbreitung der Reflexe durch das Strychnin beseitigt; ob aber auch die Carmarinamuskeln den schwachen tactilen Reiz durch Maximalcontractionen beantworten, entzieht sich solange, bis die Zahl und Stärke der Muskelzusammenziehungen an der strychnisirten und normalen Carmarina genau gemessen und so, in Zahlen ausdrückbar, mit einander vergleichbar gemacht sind, jeder Kritik.

Um möglichst viele Versuche zur Controle zu besitzen, versuchte ich im Anschluß an meine Strychninvergiftungen die Veratrin- und Nicotinwirkung auf Carmarina, Aequorea und Turris zu ermitteln. Die Wirkung dieser Alkaloïde prüfte ich gleichfalls nur an der Einen Hälfte der Meduse, während die andere unvergiftet blieb. Es mag genügen zu bemerken, daß ich bei der Nicotin- oder Veratrinvergiftung weder an Aequorea

und Turris, noch an Carmarina der an letzterer durch Strychnin bewirkten Ueberempfindlichkeit etwas Analoges nachweisen konnte; besonders schön kam aber in dem mit Veratrin versetzten, frisch geschöpften Meerwasser an Aequorea eine dieser entgegengesetzte Erscheinung zum Ausdruck. Auf stärkere tactile Reize, welche dem Schirmtheile in der Veratrinlösung applicirt wurden, aber durchaus nicht zu Verschiebungen am Verbindungsstreifen führten, bewegte sich nicht die veratrinisirte, sondern die intact gelassene Medusenhälfte. Das Vergiftungsbild war in diesem Falle folgendes:

Die Operation wurde an Aequorea 4 h. 39 min. ausgeführt und diese alsdann über die Ränder zweier Gläser gebrückt, welche beide reines Meerwasser enthielten. 4 h. 43 min. waren die Pulsationen an beiden Hälften bereits völlig normal geworden und blieben es. 5 h. wurde die Vergiftung der einen Hälfte in bekannter Weise vorgenommen. 5 h. 4 min. beobachtete ich die erste Contraction an dem unvergiftet gebliebenen Stücke. 5 h. 6 min. reagirte die veratrinisirte Hälfte auf tactile Reize durch Zusammenziehungen der Schirmmuskeln nicht mehr; aber auf die ihr applicirten Reize antwortete die unvergiftete Medusenhälfte durch kräftige Athembewegungen. 5 h. 8 min. und 5 h. 11 min. contrahirten sich in der Veratrinlösung auf tactile Reize nur einige Randfäden. 5 h. 16 min. zogen sich die Schirmmuskeln an der unvergiftet gelassenen Hälfte noch ganz energisch zusammen, 5 h. 21 min. schien aber die Veratrinlösung durch den Verbindungsstreifen auch in sie eingedrungen zu sein; denn zu dieser Zeit wurden die Pulsationen immer langsamer und schwächer, und die Wirkung tactiler Reize, welche die veratrinisirte Hälfte trafen, gelangten an ihr nicht mehr zum Ausdruck. Schwache Athembewegungen bemerkte ich an der in reinem Wasser flottirenden Hälfte nach 5 h. 31 min., als ich den Versuch unterbrach. Schon 5 h. 10 min. schien die Erregbarkeit der Muskeln

durch electrische Reize in der Veratrinlösung erheblich abgenommen zu haben; im geschwächten Grade erhielt sich dieselbe jedoch bis zum Abschluß des Experimentes.

Wir entnehmen diesem Versuchsergebnisse die für die Kenntniß der Veratrinwirkung an Medusen immerhin wissenswerthe Thatsache, daß bei Aequorea zu einer Zeit, wo Reflexcentren durch das Veratrin bereits gelähmt sind, sensible Reize durch die Nerven noch fortgeleitet und von den unversehrten Medusentheilen durch Contractionen beantwortet werden.

Ich habe wahrscheinlich zu machen versucht, daß das Nicotin an Turris digitalis auf centralnervöse Apparate wirkt. Ich bewies durch den Erfolg der electrischen Reizung ihrer Muskeln, daß diese an der nicotinisirten Meduse irritabel geblieben sind, daß die nicotinisirte Turris sich ähnlich wie das durch Muscarin vergiftete Froschherz verhält, indem jeder tactile Reiz an ihr eine einmalige Contraction auslöst, daß sie, von diesem verschieden, aber für gewöhnlich anfangs nicht im Expansions- sondern im Contractionszustande längere Zeit verweilt.

War durch diese Ergebnisse die Wirkung des Nicotins an Turris auf nervöse Gebilde hinreichend localisirt, so blieb doch darüber noch ein Zweifel bestehen, ob wirklich automatische Centren oder die motorischen Nerven durch das Nicotin verändert werden. Daß Reflexcentren nach der Nicotinapplication an Turris ihre Intactheit bewahrt hatten, war durch den Erfolg der tactilen Reizung gleichfalls schon bewiesen. Um über den einzigen, mir früher fraglich gebliebenen Punkt Gewißheit zu erhalten, vergiftete ich nur die Eine Hälfte der Turris, während ich die Andere mit jener durch einen Gewebsstreifen in Verbindung und unvergiftet ließ. Die im Vorhergehenden mehrfach erörterte Versuchsanordnung ermöglichte in diesem wie in allen entsprechenden Fällen die Ausführung dieser Operation.

Es ist selbstverständlich, daß wenn nur die im Schirmrande

gelegenen centralnervösen Elemente, nicht die Nervenfäden durch Nicotin vergiftet werden, wir bei halbseitiger Nicotinvergiftung an Turris denselben Effect zu notiren haben werden, als wenn wir den halben Schirmrand entfernen; d. h. also: die Nicotinvergiftung an der halben Meduse wird, solange diese durch einen geeigneten Gewebsstreifen mit der unvergiftet gebliebenen Hälfte zusammenhängt, dem Beobachter effectlos erscheinen.

Der Eine meiner Versuche, welchen ich in dieser Art an Turris digitalis ausführte, begann 5 h. 11 min. Auf tactile Reize, welche die Gewebsbrücke zwischen beiden Medusenhälften trafen, reagirten beide Theile 5 h. 30 min. noch gleich gut. Auch waren zu dieser Zeit noch einige selbständige Bewegungen, welche rhythmisch verliefen, an beiden Hälften vorhanden. Trennte ich jetzt das nicotinisirte Stück vollständig ab, so führte es keine selbständige Bewegungen mehr aus und reagirte in ebenso beschränkter Weise wie die durch Nicotin vergiftete ganze Turris auf tactile Reize.

Die Turris, die ich der Controle wegen 5 h. 15 min. in dieselbe Nicotinlösung setzte, welche die Eine Hälfte der Ersteren um 5 h. 15 min. aufgenommen hatte, erwies sich schon 5 h. 22 min. als völlig bewegungslos, beantwortete aber noch viele Minuten lang jeden tactilen Reiz durch eine einmalige energische Contraction.

Als Abweichungen von dem beschriebenen Vergiftungsbilde, welchem ich bei meinen Nicotinvergiftungen an anderen Turris digitalis begegnete, möchte ich kurz folgende anführen. Die Stärke und Zahl der Contractionen an den nicotinisirten Medusen unterliegen großen individuellen Schwankungen. Je nachdem der im Anfangsstadium der Vergiftung durch Nicotin geschaffene Reizzustand bald eher oder später einer Lähmung Platz macht, erscheinen die Medusen kürzere oder längere Zeit zusammengezogen. Sehr spät treten bisweilen an der viele Minuten lang völlig

bewegungslos gebliebenen Turris wieder Contractionen auf, deren Ursache von mir in einer durch das Nicotin hervorgerufenen Reizung von Reflexcentren gesucht wird.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, daß wir durch das Nicotin wenigstens in dem Anfangsstadium der Wirkung an Turris einen ähnlichen Zustand wie durch die Abtrennung des Schirmrandes herbeiführen. Keine peripherische Ganglien reflectorischer Art, keine motorische Nerven, keine Muskeln werden anfangs durch das Nicotin direct gereizt oder functionsunfähig gemacht.

Die Einrichtung des locomotorischen und respiratorischen Apparates der Medusen.

Aus den Untersuchungen von *Eimer* und *Romanes*, welche ich bestätigen und auf andere Arten ausdehnen konnte, ging hervor, daß das nervöse Centralorgan der Acraspedoten seinen Sitz in den acht Randlappen hat, ohne daß diese Centren durch einen im Schirmrande verlaufenden Nervenring untereinander verbunden werden, daß die craspedoten Medusen dagegen ein nervöses Centralorgan haben, welches den ganzen Schirmrand einnimmt, jedoch so, daß sich eine größere Anzahl von Nervenzellen in den, auch früher als Ganglien bezeichneten Anschwellungen des Schirmrandes als zwischen denselben angehäuft finden. Ich wies für die Medusen nach, daß es nicht nur möglich ist, ihre Muskeln vorübergehend zu lähmen, was bekanntlich durch Chloroform, Aether und Alkohol gelingt, sondern lernte auch im Nicotin ein Mittel kennen, durch welches wir ihre Centralorgane lähmen können, während dabei ihre Nerven, Muskeln und Reflexcentren functionsfähig bleiben. Ich berichtete, daß es durch das Veratrin gelingt, die ganglionären und muskulären Gebilde bei den Medusen zu lähmen, daß dadurch aber die Leitungsfähigkeit der sensibeln Nerven nicht aufgehoben wird. Ferner zeigte ich, was bis dahin für keinen Wirbellosen nachgewiesen worden war, daß

das Strychnin an Aequorea eine analoge Wirkung wie an Vertebraten äußert, und endlich constatirte ich die lähmende Wirkung des Curare auf die motorischen Nerven oder ihre peripheren Enden auch an den Medusen.

Durch Ausdehnung meiner Versuche auf Aurelia aurita, Chrysaora hyoscella, Rhizostoma Cuvieri, Cyanea capillata etc. versicherte ich mich, daß die aufgedeckten physiologischen Verhältnisse bei morphologisch sehr verschiedenen Medusen keine irgendwie bedeutendere Abweichungen von dem Verhalten zu erkennen geben, welches ich an Turris und Aequorea genauer festgestellt und beschrieben habe. Es müßte überflüssig erscheinen, wollte ich der zahlreichen Experimente gedenken, welche ich an genannten Medusen zu wiederholten Malen ausgeführt habe, zumal mir auch aus *Romanes*' Angaben hervorzugehen scheint, daß ebenfalls bei Sarsia und Tiaropsis diademata mit den von mir an anderen Medusen aufgedeckten Verhältnissen durchaus übereinstimmende existiren.

Jetzt, wo sich unsere Anschauung von dem locomotorischen Apparate der Medusen so erfreulich geklärt hat, dürfte es wohl kein voreiliges Beginnen mehr sein, den Einrichtungen, wie sie experimentell für sehr verschiedene Vertreter der Medusenclasse gefunden sind, einen schematischen Ausdruck zu geben.

Wer meine Arbeit über den „Schlag der Schwingplättchen bei Beroë ovatus" gelesen hat, wird vielleicht schon bei Betrachtung der Fig. 10 errathen, wie ich mir die Versuchsergebnisse erkläre.

Das Willenscentrum (*s*) wie das kräftige motorische Centrum (*m*) haben bei den Medusen ihren Sitz in Ganglien des Schirmrandes, welche mehr (Acraspedoten) oder weniger (Craspedoten) auf eine bestimmte Stelle desselben (Randlappen) concentrirt sind. Die den Bewegungen an den einzelnen Antimeren vorstehenden motorischen Centren können für einander vicariiren, sodaß bei Erhal-

tung von nur Einem motorischen Centrum an der ganzen Meduse die Athembewegungen keine Einbuße an Zahl und Energie erleiden. Dieses Verhalten ist in der Figur dadurch zum Ausdruck

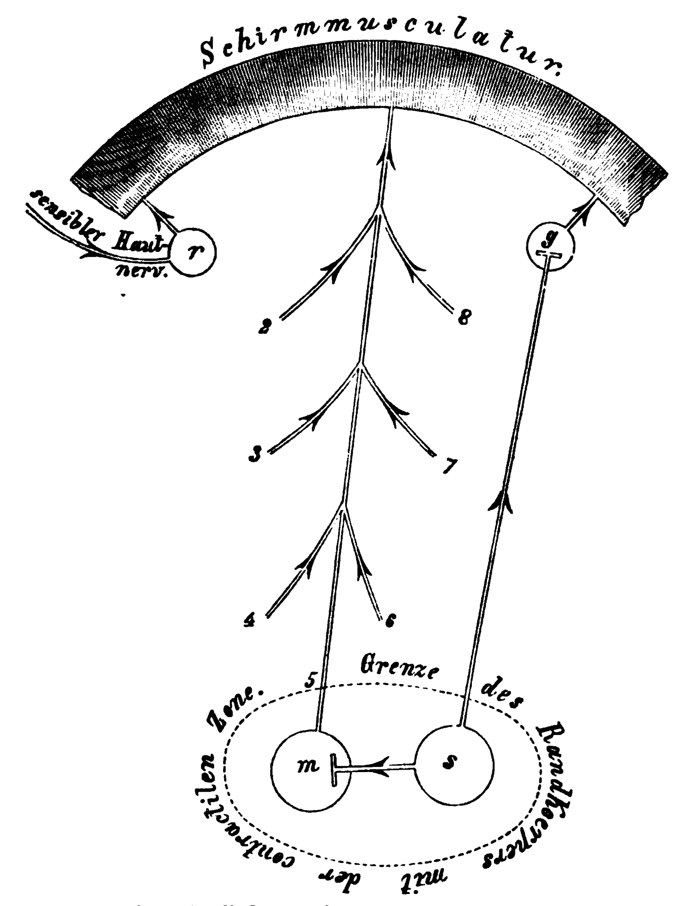


Fig. 10. **Schema für die Innervationsverhältnisse der Muskeln bei den Medusen.**

gebracht, daß die Leitungsbahnen für die, von den einzelnen motorischen Centren —, von welchen im Schema, der Einfachheit wegen auf Aurelia aurita bezogen, nur acht angenommen sind, — ausgehenden Erregungen unter einander verbunden wurden. Entfernen wir bei den Acraspeden alle Randkörper, so fällt der

Einfluß des Willens- und motorischen Centrums fort; je nachdem aber der durch die Excision der Randkörper geschaffene Reiz, welcher hemmend auf die automatischen Centren (*g*) an der Peripherie wirkt, längere oder kürzere Zeit andauert, setzen dem entsprechend die Athembewegungen an der Meduse aus. Auf tactile Reize bewegt sich die so operirte Meduse noch, und diese Erscheinung bringen wir dadurch am einfachsten zur Anschauung, daß wir ein peripher gelegenes Reflexcentrum (*r*) annehmen, welches von den Centralorganen im Schirmrande unbeeinflusst bleibt. Ich glaube durch die Annahme eines eigenen peripherischen Reflexcentrums die Sachlage übersichtlicher und genauer dargestellt zu haben, als wie es gelingen könnte, wenn man sich bemühen würde, die Reflex- und automatischen Centren an der Peripherie in Eins zusammenzufassen.

Zur Berechtigung dieser Erklärungsweise werde ich kaum noch etwas vorzubringen brauchen. Bei Organismen, auf welche wir das Strychnin, das Curare, das Nicotin etc. eine analoge Wirkung wie an den Wirbelthieren äußern sehen, bei denen wir functionell differente ganglionäre Herde mit Bestimmtheit nachzuweisen vermögen, ist es da nicht an sich schon sehr wahrscheinlich, daß auch bei ihnen Hemmungsapparate existiren? Wenn wir nun an den Medusen nach experimentellen Eingriffen dieselben Erscheinungen als am muscarinisirten Froschherzen auftreten sehen, wenn, sobald die nervösen Centralorgane — sagen wir das Gehirn — im Schirmrande entfernt werden, eine bei den verschiedenen Species oder bei den verschiedenen Individuen von nur Einer Art zeitlich sehr variirende Hemmung automatischer Centren erscheint, so gewinnt, wie ich glaube, diese Anschauung eine gesicherte Stütze. Davon, daß ganglionäre Apparate innerhalb weniger Minuten oder selbst nach Secunden — dieses ist die Zeit, nach der ich in einigen Fällen nicht nur bei Chrysaora hyoscella, sondern auch bei Aurelia aurita nach

vollständiger Exstirpation der Randkörper nebst Umgebung die Contractionen am Schirme wieder beginnen sah — sich zur Ausübung von Functionen stärken, welche sie am unverletzten Thiere nicht ausführten, kann meines Erachtens gar keine Rede sein. Für eine derartige Annahme liefert die Biologie unserer Tage wenigstens keinen Anhalt, und immer kleiner wird die Schaar, welche an einen, nach plötzlichem Verluste eines Organes rasch erfolgenden — wennschon eine viel längere Zeit als bei Medusen nach Exstirpation ihrer Randkörper in Anspruch nehmenden — Functionswechsel oder an eine Functionsvermehrung eines anderen, von dem verloren gegangenen functionell verschiedenen Organes glaubt.

Die Einrichtung des locomotorischen Apparates weicht bei der Mehrzahl der Medusen nur dadurch von der des Schwingplättchenapparates bei Beroë ovatus ab, daß 1. bei den Medusen die automatischen Centren fast allgemein unter dem Einflusse von Hemmungscentren sich befinden, deren Sitz im ganzen Schirmrande oder in einzelnen Bezirken desselben ist, und daß 2. jedes automatische Centrum im Schirmrande der Medusen wegen der merkwürdigen Nervenverbindung die übrigen effectiv entbehrlich machen kann. Wurde bei Beroë nur Eine Rippe durchschnitten, so kam die Bewegung an dem oralen Theile dieser, aber nicht an dem irgend einer andern Rippe, auf eine mehr oder weniger lange Zeit zum Stillstande; es hatte die Durchschneidung einer einzigen Rippe für ihr orales Ende den nämlichen Erfolg, als wenn alle Rippen durchschnitten waren, als wenn die ganze Beroë durch einen Querschnitt halbirt war. Bei den Medusen ist das Verhalten ein ganz anderes; bei ihnen vermag man keine Anormalität an den ihres Randkörpers verlustig gewordenen Antimeren wahrzunehmen, falls noch ein einziger Randkörper der Meduse erhalten blieb. Würde sich zwar die Angabe von *Romanes* als richtig erweisen, dergemäß an Slabberia conica

das Ausschneiden Eines der vier Sinnesbläschen eine vollständige Lähmung des entsprechenden Schirmabschnittes herbeiführt, so hätten wir für eine Meduse in dieser Beziehung genau dasselbe Verhalten wie für Beroë zu notiren.

Zeigt sich unser jetziges Schema für die Innervationsverhältnisse der Medusen dem gegenüber, welches ich vor einem Jahre davon entworfen habe, als viel complicirter, so wird die Frage berechtigt sein, wie es jetzt mit unserm früheren Schema für die Actinien steht.

Als ich[1]) am 16. April 1879, gestützt auf meine physiologischen Versuchsergebnisse, vor größerer Versammlung als der erste dazu Berechtigte den Ausspruch that, daß Nerven wie motorische Nervenendapparate und demgemäß auch Ganglien bei den Actinien vorkommen, da ahnte ich nicht, daß schon wenige Tage später, als mein Vortrag im Druck erschienen war, *Hertwig*[2]) mittheilen würde, mikroskopisch wahrnehmbare Ganglien bei Actinien entdeckt zu haben. Ist durch *Hertwig*'s mikroskopische Befunde jetzt auch den Wünschen Derer genügt, welche die experimentell geforderten Ganglien unter dem Vergrößerungsglase zu sehen verlangten, so erfuhr ich durch meine fortgesetzten Experimentaluntersuchungen über die Function der ganglionären Gebilde bei den Actinien jedoch nichts Näheres, als was ich schon früher darüber mitgetheilt hatte.

Die Reflex- und automatischen Centren sind bei vielen Actinien, z. B. bei Sagartia troglodytes, im ganzen Körper vertheilt; man findet bei mehreren Arten keinen Theil, welcher einem andern

---

[1]) *Krukenberg,* Das Verhältniß der Toxicologie zu den übrigen biologischen Disciplinen. Bolletino della Società Adriatica di scienze naturali in Trieste. Vol. V. 1879. S. 72—85. Vgl. physiol. Studien a. d. Küsten d. Adria. I. Abth. S. 132 u. S. 152—155.

[2]) *Hertwig,* Ueber das Nervensystem der Actinien. Aus den Sitzungsber. d. Jenaischen Gesellsch. f. Medicin u. Naturw. Sitzung vom 4. Juli 1879. *Hertwig, Osc.* u. *Rich.* Die Actinien. Jena. 1879.

an Reizbarkeit überlegen wäre. Jedes der Sagartia troglodytes entnommene Körperstück reagirt auf tactile wie auf electrische Reize und führt auch selbständige Contractionen aus. Bei mancher Species ist die automatische Bewegung an abgetrennten Theilen viel geringer als bei der Sagartia. Die von Anthea Cereus abgeschnittenen Tentakeln bewegen sich z. B. oft garnicht wieder. Auf gleiche specifische Unterschiede in der Vertheilung peripherischer Ganglien bei den Aeolidiern habe ich bereits früher aufmerksam gemacht. Wenn diese auffälligen morphologischen Differenzen auch ohne physiologischen Belang sind, so lassen sie sich doch nur verstehen bei einer Existenz von Nervenfasern, da ohne dieselben die Ganglien, unter Beibehaltung ihrer Function, sich nicht auf so weite Strecken von den zugehörigen Muskeln entfernen können.

Von Hemmungsvorrichtungen, wie wir sie von Beroë und den Medusen kennen, machte sich mir an den Actinien durchaus nichts bemerkbar. Bei den Actinien scheinen alle Bewegungen reflectorische und automatische zu sein, spontane — direct durch die Beobachtung ihrer Lebensweise oder indirect durch das Experiment — an ihnen aufzudecken, ist mir nicht geglückt[1]).

Das Schlußergebniß unserer gesammten experimentellen Untersuchungen an Medusen läßt sich kurz im folgenden Satze zum Ausdruck bringen:

Obgleich sich die Medusen ernähren[2]) ähnlich den

---

[1]) Vergl. auch *v. Heider, A.* Cerianthus membranaceus *Haime.* Ein Beitrag zur Anat. der Actinien. Aus dem 79. Bd. d. Sitzungsb. d. k. Acad. d. Wiss. zu Wien. I. Abth. März-Heft Jahrg. 1879. S. 45 ff.

Hertwig, Osc. u. *Rich.* a. a. O. S. 10.

[2]) Vergl. *Krukenberg,* Ueber die Enzymbildung in den Geweben u. Gefäßen der Evertebraten. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 338 ff. Nachtrag zu den Untersuchungen über die Ernährungsvorgänge bei Cölenteraten u. Echinodermen. Ebenda, S. 366—377. Ueber den Verdauungsmodus der Actinien. Vergl. physiol. Studien a. d. Küsten

Cytoden, obgleich sie athmen analog den Tracheaten[1]), so ist dennoch bislang kein Repräsentant der Wirbellosen aufzufinden gewesen, der mit den Wirbelthieren in der Einrichtung des ganzen Nerven-Muskelapparates eine größere functionelle Uebereinstimmung erkennen ließe als gerade die Medusen.

---

d. Adria. I. Abth. S. 38—56. Weitere Studien über die Verdauungsvorgänge bei Wirbellosen. Ebenda, S. 64—75.

Nachdem die Annahme von *Lewes* und *Couch*, daß Eiweißsubstanzen, speciell Fleischstückchen, in dem cölenterischen Raume der Actinien unverflüssigt bleiben, die Ansicht *Fritz Müller*'s (Die Magenfäden der Quallen. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. IX. 1858. S. 542), daß die Magenfäden der Quallen nachweisbare Mengen eines Verdauungssaftes liefern, von mir als unrichtig erkannt waren, gelangte ich auf Grund zahlreicher Versuche an Spongien, Actinien und Medusen zu dem Schlusse: „Der Organismus der Cölenteraten kennt nur eine Ernährung per resorptionem" oder, anders ausgedrückt: „Es geht bei den Cölenteraten der cellularen Aufnahme des Ernährungsmateriales keine Verflüssigung desselben in einem dazu bestimmten Verdauungsraume durch nachweisbare enzymatische Secrete voraus". So sehr dieses Ergebniß von allen Gang und Gebe gewordenen Vorstellungen abwich, so hat sich meine Entdeckung doch wider Erwarten schnell Bahn gebrochen und es gereicht mir zur großen Freude, meine Auffassung wenigstens von den objectiven und kenntnißreichsten Forschern jetzt getheilt zu wissen. Ganz besonders werthvoll sind für mich die weiteren Untersuchungen von *Metschnikoff*. Obgleich *Metschnikoff* (Spongiologische Studien. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 32. 1879. S. 374) noch kurz zuvor nirgends bei den höher organisirten Cölenteraten eine parenchymatische Verdauungsweise wie bei Spongien und Turbellarien bemerkt hatte, so kam *Metschnikoff* (Ueber die intracelluläre Verdauung bei Cölenteraten. Zoolog. Anzeiger. III. Jahrg. 1880. Nr. 56. S. 261—263) doch jüngst bei seinen Fütterungsversuchen an Cniden auch zu einem ganz ähnlichen Resultate als ich. Wie Herr Dr. *Ed. Græffe* mir gütigst mittheilte, geht besonders leicht der rothe Farbstoff von C o m a t u l a m e d i t e r r a n e a in die Mesenterialfäden der Actinien über.

[1]) Vergl. S. 96—98 u. S. 108—109.

Bemerkungen zu der *Eimer*'schen Ansicht über den Ortswechsel der Rippenquallen.

Bei Zusammenfassung der physikalischen und chemischen Vorgänge, welche als die Ursachen der an den lebenden Wesen auftretenden Formveränderungen, Bewegungen, Expansions- und Contractionszustände anzusprechen sind, bemerkte ich[1]), daß die Ctenophoren bei einer selbständigen Veränderung ihres specifischen Gewichtes durch den Einfluß äußerer Kräfte im Wasser untersinken.

Obgleich ich damals wenige eigene Erfahrungen über die Bewegungen von Ctenophoren besaß, konnte ich mir den Ortswechsel von Beroë nicht wohl anders vorstellen und hatte dabei ganz besonders einen derartigen Luftapparat im Auge, wie er durch *Perty*'s[2]), *Engelmann*'s[3]), *Brandt*'s[4]) und *Entz*'s[5]) Beobachtungen von verschiedenen Protozoën bekannt geworden ist.

Um nicht mit Unrecht in den Verdacht zu kommen, einen physikalischen Verstoß begangen zu haben, als ich die Ctenophoren zu Repräsentanten für

---

1) Vgl. physiol. Studien a. d. Küsten der Adria. I. Abth. S. 27.

2) *Perty M.*, Zur Kenntniß kleinster Lebensformen. Berlin. 1852. S. 184.

3) *Engelmann, Th. W.* Beiträge z. Physiol. des Protoplasma. Ueber periodische Gasentwicklung im Protoplasma lebender Arcellen. Arch f. d. ges. Physiologie. Bd. II. 1869. S. 307—312.

—, Gasentwicklung im Protoplasma der Protozoën. Zoolog. Anzeiger. I. Jhrg. 1878. S. 152—153.

4) *Brandt, K.* Ueber die Axenfäden der Heliozoën und die Bewegungen von Actinosphærium. Sep.-Abdr. a. d. Sitzungsb. d. Ges. naturforsch. Freunde in Berlin. Sitzung vom 15. Oct. 1879.

Brandt beobachtete die Gasbläschen sowohl bei Arcella wie bei Difflugia. Das bislang ganz räthselhaft gebliebene Aufsteigen des Actinosphærium, bei dem es ihm nicht gelang, Gasbläschen zu sehen, vermag aber auch er trotz seiner sehr gründlichen Untersuchungen nicht zu erklären. Weil Flüssigkeiten durch Gasabsorption nicht nennenswerth leichter werden, so kann das stark expandirte Actinosphærium nicht dadurch aufsteigen, daß die Flüssigkeit in den Vacuolen mehr Gas aufnimmt, als das umgebende Wasser enthält; möglicherweise besteht aber der Vacuoleninhalt nicht aus Wasser, sondern aus einer specifisch leichtern Flüssigkeit (vgl. *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien etc. II. Abth. S. 51. Anm.).

5) *Entz, G.* Gasentwicklung im Protoplasma der Protozoën. Zoolog. Anzeiger. I. Jhrg. 1878. S. 248—249.

den erwähnten Bewegungsmodus wählte, muß ich mich gegen eine Auffassung *Eimer*'s aussprechen, welche zu vertreten mir damals sehr fern gelegen hat.

In seinem von mir bereits citirten Aufsatze über Beroë ovatus spricht sich *Eimer* (Arch. für mikr. Anat. Bd. XVII. 1880. S. 223) über die Ortsveränderungen der Rippenquallen ähnlich wie ich aus, indem er sagt: „Die Rippenquallen sind im Stande, sich im Wasser sinken zu lassen oder darin emporzusteigen — allein durch willkürliche Aenderung ihres specifischen Gewichts und ohne Zuhülfenahme irgend welcher Bewegungsorgane" und bezieht sich dabei sowohl auf seine frühere Beroëarbeit als auf sein großes Werk über die Medusen. Wahrnehmungen hatten ihm gezeigt, daß das Sinken der Beroë stattfinden kann, „ohne daß die Bewegung der Schwimmplättchen aufhört oder eine deutlich wahrnehmbare Aenderung erleidet. Andererseits ergab sich, daß die Thiere ebensowohl unmittelbar unter der Oberfläche des Wassers ruhend sich erhalten können, während ihre Schwimmplättchen absolut stille stehen, wie sie in irgend welcher Höhe des Wassers oder auf dem Boden des Gefäßes zu schweben vermögen, ohne sich von der Stelle zu bewegen, während die Thätigkeit der Schwimmplättchen die lebhafteste ist" (Ibid. S. 222).

In seiner früheren Beroëarbeit[1]) sagt *Eimer* (S. 48): „Ich bin zu der Ansicht gekommen, daß die Thiere im Stande sein müssen, das specifische Gewicht ihres Körpers willkürlich zu erhöhen oder zu vermindern, und daß dieses Vermögen hauptsächlich in der großen Imbibitionsfähigkeit des Gallertgewebes begründet sei".

Seite 49 heißt es: „Des Wassergehaltes baar, würde der Körper der Quallen oben aufschwimmen wie ein trockener Schwamm. Erst die Durchtränkung mit Wasser in einem gewissen Procentsatze vermag das specifische Gewicht des Thieres gleich dem des umgebenden Wassers zu machen, so daß es in diesem schwebt. Sinken aber wird die Qualle nur dann, wenn sie — ihr Eigengewicht einmal gleich Null gesetzt — mehr Wasser in sich aufnehmen kann, als in einem ihrem Körpervolumen gleichen Volumen des sie umgebenden Wassers enthalten ist".

„**Dies wird dadurch möglich, daß in diesem Körper Wasser — durch Adsorption — verdichtet wird.** Die Verdichtung wird geschehen in dem lockeren Gallertgewebe, welches man sich zu diesem Zwecke vorstellen kann als ein System von Capillarröhrchen, an deren Wänden der Proceß stattfindet."

---

[1]) *Eimer, Th.* Zoologische Studien auf Capri. I. Ueber Beroë ovatus. Leipzig 1873.

„Die Qualle wird also, sobald sie willkürlich, um mich so auszudrücken, ihren Körper mit Wasser überladen hat, sinken, wie ein mit Wasser gefüllter Schwamm sinkt."

„Aber es liegt der Gedanke nahe, daß **das lebende Thier beständig mit Wasser überfüllt sei**" . . . . .

Jeder, dem *Regnault's* berühmte Versuche bekannt sind, welche zu dem Resultate führten, daß „das Meerwasser durch einen Druck von 1 Atmosphäre nur um 44 Milliontel comprimirt wird, also durch 200 Atmosphären etwa um 1 Hundertel — das Meer demnach in der größten Tiefe nur wenig dichter, z. B. in 2000 m Tiefe nur um 1 Hundertel dichter als an der Oberfläche ist" —, wird sich wohl erst nach anderen Ursachen für das Sinken der Quallen umsehen, bevor er sich zu der Ansicht bekennt, daß in dem Quallenkörper „Wasser — durch Adsorption — verdichtet wird".

Hätte *Eimer* an Beroë seinen an Aurelia aurita und Cyanea capillata[1]) ausgeführten Versuchen über das specifische Gewicht dieser Thiere entsprechende gemacht, so würde er vielleicht gleich mir zu dem Resultate gelangt sein, daß Beroë ovatus durchgängig schwerer als Wasser ist, daß also nicht, wie *Eimer* annimmt, ihr Sinken, sondern ihr Aufsteigen im Wasser eine Erklärung verlangt. In curarisirtem, mit Coniin, mit Nicotin u. s. w. versetztem Meerwasser sinkt Beroë sogleich unter, alle durch irgend ein beliebiges Gift getödteten Beroë bleiben am Boden liegen. *Eimer's* Satz: „Des Wassergehaltes baar, würde der Körper der Quallen oben aufschwimmen wie ein trockener Schwamm", muß meines Erachtens nothwendig so abgeändert werden: „Der mit Luft statt mit Wasser gefüllte Körper der Quallen würde wie ein trockener (d. h. mit Luft gefüllter) Schwamm oben aufschwimmen"; das ist natürlich nicht wunderbar, schwimmen doch die schwersten Substanzen (Eisen, Platin), wenn sie nur genügend viel Luft enthalten, auch auf dem Wasser.

Eimer's Beobachtung, „daß die Thiere unmittelbar unter der Oberfläche des Wassers ruhend sich verhalten können, während ihre Schwimmplättchen absolut stille stehen", zu bestätigen, hat sich mir keine Gelegenheit geboten; hörte bei meinen Beroë die Flimmerung an allen Rippen vollständig auf, so sanken sie oder befanden sich bereits am Boden. Ich will damit aber die Richtigkeit der *Eimer'schen* Angaben keineswegs in Zweifel ziehen, glaube sogar, daß sich derartiges beobachten läßt; zur Erklärung dieser Erscheinung möchte ich jedoch nur das von *Eimer*[2]) selbst erwogene Moment: die Ansammlung von Gas an oder in der Beroë für zulässig halten.

---

[1]) *Eimer, Th.* Die Medusen. Tübingen. 1878. S. 25 u. 26.
[2]) *Eimer, Th.* Zool. Studien etc. S. 50.

Vollständig trete ich darin der *Eimer*'schen Auffassung bei, daß die Schwingplättchen richtige Schwimmplättchen sind; darüber aber, wie deren Schlag bald ein Aufsteigen, bald ein beschleunigtes Sinken der Beroë zur Folge hat, kann man, wie ich glaube, nur Vermuthungen hegen und wird selbst die kaum aussprechen; welche Beobachtungen zur Entscheidung dieser Frage beitragen, wo das Experiment zu ihrer Lösung erfolgreich einsetzen könnte, wußte bislang niemand anzugeben. Für Versuche, welche zur Klarstellung des Ortswechsels von Beroë in dieser Hinsicht von Nutzen sein könnten, müssen die Methoden erst noch gefunden werden.



Der Herzschlag bei den Salpen.

Gewiß das vielversprechendste Object, welches einer vergleichend physiologischen Behandlung wartet, sind die automatisch thätigen Apparate, welche die Säftemasse im Thierkörper in Bewegung setzen. Hat doch schon die anatomische Forschung auf diesem Felde Wichtiges erschlossen, und die fragmentarischen Beiträge, welche in neuester Zeit von physiologischer Seite dazu geliefert wurden[1]), steigern die Erwartungen noch in einem höhern

[1]) Experimentelle Untersuchungen über den Herzschlag bei Wirbellosen enthalten folgende Arbeiten:

Berger, E. Ueber das Vorkommen von Ganglienzellen im Herzen vom Flußkrebs. Sitzungsb. d. k. k. Acad. zu Wien. Bd. 74. 1876. I. Abth. Oct.-Heft.

Brandt, Al. Mittheilungen über das Herz der Insecten und Muscheln. Bulletin de l'Acad. imp. des sc. de St.-Pétersbourg. Tom. X. 1866. p. 552—561.

—, Physiol. Beobachtungen am Herzen des Flußkrebses. Ibid. T. VIII. 1865. p. 416—430.

Bronn, Classen und Ordnungen des Thierreichs. Bd. V. S. 115 ff.

Carus, C. G. Von den äußeren Lebenserscheinungen der weiß- und kaltblütigen Thiere. 1824. S. 82.

Dogiel, J. Die Muskeln und Nerven des Herzens bei einigen Mollusken. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 14. 1877. S. 59—65.

—, Anatomie du cœur des Crustacés. Compt. rend. T. 82. 1876. p. 1117—1120.

—, Sur le cœur des Crustacés. Ibid. p. 1160—1161.

—, Anat. u. Physiol. des Herzens der Larve von Corethra plumicornis. Mém. de l'Acad. imp. des scienc. de St.-Pétersbourg. 7. Sér. 1877.

—, De la structure et des fonctions du coeur des Crustacés. Arch. de physiol. norm. et pathol. 2. Sér. Bd. IV. 1877. p. 400—407.

—, Erkl. z. d. Bemerkung von *Foster* u. *Dew-Smith*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 15. 1878. S. 95—97.

Grade. Wie mannigfach sind die Formverschiedenheiten der Propulsionsapparate, welche man in der Thierreihe von den Vacuolen der Amöben bis zu den vielkammerigen Herzen der Vertebraten begegnet, wie verschieden wird die Mechanik sein, durch welche

Dogiel, J. Die Ganglienzellen des Herzens bei verschiedenen Thieren und beim Menschen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 14. 1877. S. 478.

Eckhardt, C. Mittheilung einiger die Herzbewegung betreffender Thatsachen. Beitr. z. Anat. u. Physiol. Bd. IV. Heft I. Gießen. 1867. S. 33—48.

Fredericq, L. Sur l'organisation et la physiologie du Poulpe. Extr. d. Bullet. de l'Acad. roy. de Belgique. 2. Sér. Tom. 46. No. 11. 1878. p. 22 ff.

Foster, M. Ueber einen besonderen Fall von Hemmungswirkung. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. V. 1872. S. 191—195.

— und *Dew-Smith, G.* On the behavious of the hearts of Mollusks under the influence of electric currents. Proc. of the r. Soc. 1875. No. 160.

— —, Die Muskeln und Nerven des Herzens bei einigen Mollusken. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 14. 1877. S. 317—321.

Graber, V. Vorläufiger Bericht üb. d. propulsatorischen Apparat der Insecten. Sitzungsb. d. k. k. Acad. d. Wiss. zu Wien. Bd. 65. I. Abth. 1872. März-Heft.

—, Ueber den propulsatorischen Apparat der Insecten. Arch. f. mikr. Anat. Bd. IX. 1873. S. 129—196.

—, Die Insecten. München. 1877. S. 337 ff.

Jordan, S. N. Beitr. z. Kenntniß d. pharmak. Gruppe d. Muscarins. Arch. f. exp. Path. u. Pharmac. Bd. VIII. S. 18.

Krukenberg. Vgl. phys. Studien a. d. Küsten d. Adria. I. Abth. S. 90.

Mc. Intosh, W. C. Observations and experiments on the Carcinus mænas. London. 1861. p. 30.

Meyer, A. B. Das Hemmungsnervensystem d. Herzens. Berl. 1869. S. 22—25.

Milne Edwards, H. Leçons sur la phys. et l'anat. comp. T. III. 1858. p. 85 ff.

Plateau, Fél. Communication prélim. sur les mouvements et l'innervation de l'organe centrale de la circulation chez les animaux articulés. Bullet. de l'Acad. roy. de Belgique. 2. Sér. Tom. 46. 1878. p. 203—212.

Polaillon und *Carville,* Étude physiologique sur les effets toxiques de l'Inée. poison d. Pahouins (Gabon). Arch. de phys. norm. et. path. 1872. p. 535.

Vulpian, De l'action des substances toxiques dites poisons du cœur sur l'Escargot (Helix pomatia). Compt. rend. T. 88. 1879. p. 1293—1297.

—, Leçons sur la physiol. gén. et comp. du système nerveux. 1866.

Weber, Ed. Muskelbewegung. Handwörterbuch d. Physiologie von *R. Wagner.* III. Bd. 2. Abth. 1846. S. 40.

sie im Gange erhalten werden, durch welche ihr Schlag geregelt wird.

Zwei Riesenzellen, welche — ganz abweichend von der Einrichtung des Herzens bei anderen Thieren — als Schlagwerke wirken, treiben die Ernährungsflüssigkeit in der Larve von Appendicularia furcata[1]). Bei den Crinoideen, Ophiuren und Asterien besteht das Herz nur aus einer dichten Anhäufung zahlreicher, geflechtartig mit einander verbundener Blutgefäße[2]); bei den Insecten dagegen besorgt ein seltsames Flügelherz, dessen Mechanismus besonders durch *Graber's* ausgezeichnete Arbeiten so gut bekannt geworden ist, die Blutbewegung, und welche auffälligen und lehrreichen Abweichungen treffen wir noch an den Herzen in den verschiedenen Wirbelthierclassen an. Auch an die eigenthümlichen, wie es scheint[3]), rein protoplasmatischen Bewegungen des Herzens im bebrüteten Hühnereie möchte ich hier kurz erinnert haben.

Aber noch mehr Aufsehen als diese z. Th. wenig untersuchten Einrichtungen des Herzens bei den genannten Wirbellosen erregte unzweifelhaft die von *van Hasselt*[4]) gemachte Entdeckung von der merkwürdigen Umkehrung der Blutströmung im Salpenherzen.

Weber, E. H. Ueber *Ed. Weber's* Entdeckungen in der Lehre von der Muskelcontraction. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1846. S. 504 u. 505.

Yung, E. Sur l'action des poisons chez les Céphalopodes. Compt. rend. T. 91. 1880. p. 306—308.

[1]) *Ray Lankester, E.* On the heart of Appendicularia furcata and the development of its muscular fibres. Quart. Journ. of mikr. science. New Series. Vol. 14. 1874. S. 274—277.

[2]) *Ludwig, Hub.* Beitr. z. Anat. d. Crinoideen. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 28. 1877. S. 328.

—, Beitr. z. Anat. d. Asteriden. Ibid. Bd. 30. 1877. S. 118 u. 119.

—, Neue Beitr. z. Anat. d. Ophiuren. Ibid. Bd. 34. 1880. S. 350 u. 351.

[3]) Sowohl Atropin als Muscarin sind, wie ich an einem andern Orte ausführlicher mittheilen werde, auf das lebhaft pulsirende Herz des Hühnerembryos in seinen ersten Entwicklungsstadien unwirksam.

[4]) *Van Hasselt,* Ann. d. scienc. nat. Zool. 2. Sér. Tom. III. 1824. p. 78.

„Es ist in der That auch ein höchst überraschendes Schauspiel, das plötzliche Stillstehen und Umkehren des Blutstromes, das in Folge dieses Wechsels in der Contraction des Herzens stattfindet und schlagender als vielleicht irgend eine andere Thatsache für die ausschließliche Abhängigkeit der Blutbewegung von der Propulsivkraft des Herzens sprechen dürfte[1]."

Vier Jahre nach der Entdeckung der Umkehr des Blutstromes bei den Salpen durch *van Hasselt* beobachtete *Joh. Müller*[2]) die analoge Erscheinung der alternirenden Fluctuation des Blutes bei Nephelis vulgaris *Moq. Tand.* Auch bei der durchsichtigen Nephelis zieht sich ein und derselbe contractile Gefäßstrang eine Zeit lang in der einen Richtung zusammen, dann aber kehrt sich, wie bei den Tunicaten, plötzlich die Richtung der Contraction um. Ein ähnlicher Wechsel in den Contractionen wie am Salpenherzen ist ferner durch die Untersuchungen *van Beneden*'s und *Windischmann*'s[3]), *Oscar Schmidt*'s[4]) und *Gegenbaur*'s[5]) von den Embryonen nackter Pulmonaten (Limax) bekannt geworden, „bei denen sich am Hinterende des Körpers eine ansehnliche, von einem Muskelbalkennetze durchzogene Blase entwickelt, welche mit dem gleichfalls contractilen und ebenso verdünnten Nackenintegumente alternirend sich zusammenzieht und wieder aufbläht, wodurch die ernährende Flüssigkeit bald nach vorne, bald nach hinten getrieben wird". Trotz aller Vergleiche aber, welche man weiterhin mit anderen biologischen Vorgängen anstrebte, hat man doch Nichts dieser Art ausfindig machen können, was wie die Umkehr

---

[1]) *Leuckart, R.* Zur Anat. u. Entwicklungsgesch. d. Tunicaten. Gießen. 1854. S. 41.

[2]) *Müller, Joh.* Ueber den Kreislauf des Blutes bei Hirudo vulgaris. *O. Fr. Müller.* Arch. f. Anat. u. Physiol. Jhrg. 1828. S. 22—29.

[3]) *Van Beneden, P. J.* und *Windischmann,* Recherches sur l'Embryogénie des Limaces. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1841. S. 176—195.

[4]) *Schmidt, Osc.* Ueber die Entwicklung von Limax agrestis. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1851. S. 278—290.

[5]) *Gegenbaur, C.* Grundzüge d. vergl. Anat. Leipzig. 1870. S. 544.

der Pulsationen am Salpenherzen oder, wie man wohl sagen darf, am Herzen der Tunicaten ganz allgemein so klar zur Erscheinung tritt und deshalb so überraschend und anziehend auf den Beobachter wirkt[1]).

So übereinstimmend sich alle Beobachter, und es sind deren nicht wenige, über die Alternation des Herzschlages nicht nur der Salpen, sondern auch zahlreicher anderer Tunicatenformen seit *van Hasselt* ausgesprochen haben, so lauten ihre Aussagen über einige wesentliche Punkte doch sehr verschieden. So z. B. über die Zahl der Pulsationen, welche am Herzen nach ein und derselben Richtung hinter einander verlaufen, über die Dauer der einzelnen Herzschläge u. dgl. m. Fragen wie z. B., ob diese Herzbewegungen dem Willen des Thieres unterworfen sind, ob sie automatisch oder reflectorisch erfolgen, ob sie von Ganglien ausgelöst resp. geregelt, gehemmt und darauf umgekehrt werden, oder ob sie rein protoplasmatischer Natur sind, — Fragen dieser Art blieben bislang fast ganz unberührt.

Besonders dem Verständniß letztgenannter Punkte näher zu treten, ist lange mein lebhafter Wunsch gewesen. Kein Gestade am ganzen Mittelmeere konnte mir von sachkundiger Seite für diese Untersuchungen wärmer empfohlen werden als die Riviera, und an ihr besonders die Umgebung von Mentone. Hier nahm ich deshalb einen fünfwöchentlichen Aufenthalt, und bei der für meinen Zweck günstigen Jahreszeit fehlte es mir an großen

---

1) Um jede Verletzung des Thieres bei der Untersuchung des Herzschlages zu vermeiden, was dringend geboten erscheinen muß, blieb ich auf die durchsichtigen Salpen angewiesen, in welchen man mit unbewaffnetem Auge das Herz sehr gut pulsiren sieht. Deshalb begann ich meine Untersuchungen nicht an den viel größeren Herzen der Ascidien, auf welche ich sie jedoch gelegentlich auszudehnen gedenke. Es würde sich aus demselben Grunde sehr empfehlen, daß die physiologische Untersuchung am Crustaceenherzen sich mehr auf die kleinen vollständig durchsichtigen Formen richtete, statt daß alle Versuche, wie es bisher geschah, an dem bloßgelegten Herzen der größeren Kruster ausgeführt werden.

Mengen von Salpen in Mentone nicht. Ungeheuere Massen von Salpa Africana-maxima, Salpa runcinata-fusiformis und von Salpa democratica-mucronata belebten hier das Meer, welche an sehr vielen anderen Plätzen des Mittelmeeres nur selten und auch dann nur spärlich aufzutreten pflegen. Das Wetter war zugleich sehr beständig, und nur wenige Tage mußte ich während des dortigen Aufenthaltes meine Untersuchungen über den Salpenherzschlag wegen Mangel an Material aussetzen.

Bevor ich zur Besprechung meiner Versuche übergehe, sei kurz der zu ihrem Verständniß erforderlichen Topographie und Histologie des Salpenherzens gedacht, über welche u. A. schon *Leuckart*[1]) folgende genaue Angaben machte: „Das Herz der Salpen ist an seinen Zusammenziehungen schon mit unbewaffnetem Auge leicht zu entdecken. Es ist ein kurzer aber ziemlich weiter und gestreckter Cylinder, der in dem Winkel zwischen Bauchfurche und Kiemenrohr an der Wurzel des Nucleus in die Substanz des inneren Mantels eingebettet ist. Das eine Ende des Herzens liegt rechts neben der Mundöffnung, da wo die Bauchfurche aufhört, während das andere Ende etwas nach oben und hinten zu gerichtet ist. Es wird von einem eigenen zarthäutigen Pericardium umgeben, liegt aber nicht etwa ganz frei und lose im Innern dieses Raumes, sondern ist mit seiner (etwas kürzern) Rückenwand der ganzen Länge nach an demselben befestigt. Die Ränder im Umkreis der klappenlosen Oeffnungen sind gleichfalls mit den Enden des Pericardialsackes im festen Zusammenhang, sodaß also nur die eine, der Bauchfläche des Körpers zugekehrte Herzhälfte von einer freien und losen Wand begrenzt wird. An dieser Wand nun sieht man die Contractionen des Herzens, die aber nicht etwa ruckweise, wie sonst, und in der ganzen Ausdehnung des Herzens zu derselben Zeit erfolgen, sondern wellen-

[1]) *Leuckart, R.* a. a. O. S. 41 u. 42.

förmig durch eine Art peristaltischer Bewegung von dem einen Ende nach dem andern fortlaufen. So lange der Kreislauf seine frühere Richtung beibehält, folgen sich die einzelnen Wellen in gleichmäßigen Zeiträumen hinter einander und so schnell, daß die zweite und dritte Welle schon beginnt, bevor die erste an dem Ende des Herzens angelangt ist. Bei der Umkehr der Blutbewegung ist das anders: hier verläuft die letzte Welle, ohne daß ihr eine andere nachfolgt[1])". „Eigenthümlich wie die Zusammenziehung des Herzens ist auch der histologische Bau seiner Wandungen. Die Muskelsubstanz desselben besteht aus einer einfachen Schicht von Muskelbündeln, die ringförmig der Quere nach verlaufen und ihrer Bildung nach im Wesentlichen vollkommen mit denen der Bewegungsmuskeln übereinstimmen. Sie sind wie diese quergestreifte platte Bänder mit eingelagerten Kernen, die sich an manchen Stellen, namentlich in der Bauchwand des Herzens, in die schönsten Fibrillen auflösen."

Meine erste Aufgabe mußte darin bestehen, die Zahl der Herzschläge, durch welche das Blut aus den Respirationsorganen in das Herz aufgenommen wird, und die darauf folgenden in entgegengesetzter Richtung an einem Individuum zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Individuen unter ziemlich denselben Verhältnissen festzustellen. Die erste Bootfahrt um Mentone hatte mir eine Fülle von Salpen aller drei genannten Arten zugeführt, unter welchen sich auch einige Doliolum befanden. Die kleine blaue Salpa democratica-mucronata erwies sich sogleich wegen ihrer geringen Größe als untauglich für die beabsichtigten Versuche. Da die Ausdehnung meiner Untersuchungen auf meh-

---

[1]) Ein abweichendes Verhalten scheint sich bei Perophora zu finden, wo nach *Keferstein* die Zusammenziehungen des länglichen Herzens in der Mitte desselben beginnen und nach dessen Ende vorrücken, worauf die Contraction des Hintertheiles in gleicher Richtung erfolgt, sodaß beide zusammen einer Pulsation entsprechen, worauf sich das Herz von derselben Seite her auf's Neue füllt.

rere Salpenarten (Salpa runcinata-fusiformis, Doliolum) nichts wesentlich Neues ergab, so beschränkte ich meine Versuche sehr bald auf Salpa Africana.

Wer nur wenige Beobachtungen über die Zahl der Herzschläge bei den Salpen, welche bald in dieser, bald in jener Richtung verlaufen, angestellt haben wird, muß die Ueberzeugung gewinnen, welche meines Wissens zuerst von *Leuckart* ausgesprochen wurde, „daß diese Blutbewegung oftmals ohne allen scheinbaren Anlaß eine längere oder kürzere Zeit hindurch geändert wird und mitunter sogar in einem gegebenen Zeitraume eine kürzere Dauer hat als die entgegengesetzte Bewegung".

Hatte ich die Salpen 5—8 Stunden in demselben Meerwasser aufbewahrt, so zeigte sich die Zahl der Pulsationen, welche in einer Richtung verliefen, meist sehr bemerkenswerth vermehrt, und beim Absterben der Thiere wurden dieselben noch zahlreicher, zugleich aber auch langsamer und schwächer. Um die normalen Verhältnisse kennen zu lernen, sah ich mich deshalb gezwungen, meine Beobachtungen im Boote an den soeben aus dem Meere mittelst eines großen Glashafens vorsichtig gehobenen Salpen anzustellen. Die Resultate der an diesen ausgeführten Zählungen lassen eine gewisse Uebereinstimmung unter einander nicht verkennen. Sowohl bei Salpa Africana und fusiformis wie bei Doliolum findet man, wenn man unter den der Natur möglichst entsprechenden Verhältnissen arbeitet:

1. 5—6 advisceerale und 2—4 abviscerale[1]), oder
2. 10—13 adviscerale und etwa 6 abviscerale, oder endlich
3. 10—13 adviscerale und circ. 3 abviscerale Herzpulsationen.

Andere Zahlen, wie z. B. 2 oder 3 Pulsationen hin und etwa

[1]) Um die Herzschläge, durch welche das Blut aus der Aorta in's Herz aufgenommen wird, und welche dem Nucleus zu gerichtet sind, von denen kurz unterscheiden zu können, welche in entgegengesetzter Richtung verlaufen, und durch die das Blut in die Aorta getrieben wird, bezeichne ich Erstere als adviscerale, Letztere als abviscerale Pulsationen.

ebensoviele vom Nucleus zurück oder 20 und mehr Pulsationen in der Richtung auf den Eingeweidesack zu, kommen vor, sind aber entschiedene Ausnahmen. Welche ich jedoch von den drei angegebenen Schlagarten als die normalste ansehen soll, das wurde mir mit der Zunahme meiner Erfahrungen nur noch zweifelhafter. Bald entschied ich mich 6 Pulsationen hin und 2—4 zurück als Regel anzusprechen, bald zählte ich aber an Exemplaren wiederholt etwa 12 Pulse in ein und derselben Richtung. Ohne jeden wahrnehmbaren Grund — wie solcher in einer Verletzung oder Aufregung des Thieres durch den Fang, in einer Bewegung des Wassers, in einem Mangel desselben an Sauerstoff, in einer Anhäufung von Kohlensäure in ihm u. dgl. m. gegeben sein könnte, — begegnet man den genannten Schwankungen in der Zahl der Pulse. Um aber an Beispielen zu zeigen, daß ohne irgend welche Berücksichtigung des Zustandes vom Versuchsthiere und der Güte des Meerwassers die verschiedensten Zahlen für den Schlag am Salpenherzen gefunden werden können und nothwendig gefunden werden mußten[1]), habe ich aus meinen eignen Untersuchungen folgende Tabelle zusammengestellt.

Die fett gedruckten Ziffern bezeichnen die Zeiten, in welchen die einzelnen Exemplare mit aller Sorgfalt im Meere geschöpft waren. In jeder ersten Columne links ist die Zahl der advisceralen, rechts durch einen Querstrich damit verbunden die der

---

[1]) *Van Hasselt* z. B. sah in Salpen das Blut 3/4 Minuten lang mit 42 Schlägen in die Aorta und 1/3 Minute lang mit 62 Pulsationen aus den Arterien zu dem Herzen und den Lungenvenen strömen, während nach *Quoy* und *Gaimard* sich das Herz nach 15, 20 oder 30 advisceralen Oscillationen umgekehrt bewegt. In Perophora Listeri beträgt das Intervall zwischen zwei Pulsschlägen nach *J. J. Lister* 1 1/2 bis 2 Secunden und die Strömungen in gleicher Richtung 1/2 bis 2 Minuten, je nach den Individuen. Auch *Gosse* sah die Bewegung in einerlei Richtung durchschnittlich eine Minute lang während 30 bis 60 Pulsationen mit Unregelmäßigkeiten andauern. In Cynthia ampulloides zählte *P. J. van Beneden* 180 Pulsationen in der einen und nach einer Pause von 2 Schlägen 160 bis 170 in der andern Richtung.

abvisceralen Pulsschläge verzeichnet. Wo wegen eintretendem Schwanken des Bootes, oder weil sich die Salpen plötzlich bewegten, der Herzschlag nicht beobachtet werden konnte, ist diese Lücke in der Tabelle durch ein Sternchen angedeutet. Die Querstriche verbinden die einzelnen, ohne andere als mit den durch Sternchen markirten Unterbrechungen an ein und demselben Thiere ausgeführten Beobachtungen.

Einige meiner Beobachtungen, tabellarisch zusammengestellt, als Belege für den unregelmäßigen Wechsel der Herzschläge bei den Salpen.

S. Africana I.	Beobachtungszeit.	S. Africana II.	Beobachtungszeit.	S. Africana III.	Beobachtungszeit.	S. Africana IV.	Beobachtungszeit.
9 3 9 6 9 6 8 6.	7 h. früh	6 3 5 3 8 * * * 6 3 8 2.	9½ h. früh	3 3 6 2 6 3 6 3.	8 h. früh	13 5 12 11 12 10 16 14 * * 10 10.	8 h. früh
20 16 19 16 19 16 20 16.	3½ h. Nachmittags	24 7 24 8 22 7 15 9.	12 h. Mittags	11 14 13 13 12 12 11 8 12 14.	2 h. Nachmittags	13 9 14 9 14 9 13 1 14 8 14 9.	4½ h. Nachmittags
		12 6 10 7 7 6.	6 h. Abends (in frisches Wasser gesetzt)				

S. Africana V.	Beobachtungszeit.	S. Africana VI.	Beobachtungszeit.	S. Africana VII.	Beobachtungszeit.	S. fusiformis I.	Beobachtungszeit.
9 9 9 6 9 8 9 9 7 2 9.	8½ h. früh	12 4 11 2 12 • 11 3 • 4 • 3 6 2 10 3.	8 h. früh	10 4 11 6 12 6 10 • 13 5 12 3 12 6.	8 h. früh	11 8 11 7 11.	7 h. früh
						16 11 16 11.	12 h. Mittags
						60 37 62 38 59 40.	3 h. Nachmittags
				48 26 50 26 48 26 53 17 52 29 49.	6 h. Nachmittags		
		16 10 17 10 19 11 16 10.	4½ h. Nachmittags				

S. fusiformis II.	Beobachtungszeit.	S. fusiformis III.	Beobachtungszeit.	S. fusiformis IV.	Beobachtungszeit.	Doliolum I.	Beobachtungszeit.
	8 h. früh	16 14 15.	7½ h. früh	9 9 9 7 9 9 6.	8 h. früh	12 6 12 5 6 6 10 7.	8 h. früh
25 27 28 5 19 17 21.	10 h. früh	11 7 12 7 11 6 11.	11 h. Morgens			30 19 29 21.	3 h. Nachmittags

Von dem Gesichtspunkte aus, daß der für die Gewebeathmung erforderliche Sauerstoff durch das Blut den einzelnen Zellen des Salpenkörpers zugeleitet wird, wäre vielleicht gerade ein gegentheiliges Verhalten des Herzschlages als das gefundene zu erwarten gewesen. Man hätte glauben sollen, daß das Herz bei eintretender Athemnoth rascher schlagen und die Richtung seiner Schläge häufiger wechseln werde; derartiges wird aber nicht beobachtet. Ein Mechanismus, wie er am Respirationsapparate der Säugethiere nachgewiesen ist, durch den die Respirationsmuskeln bei Kohlensäureanhäufung und Sauerstoffmangel im Blut zu kräftigerer Thätigkeit angeregt werden, existirt am Salpenherzen nicht, an welchem sich vielmehr der Sauerstoffmangel in der Abnahme der Herzfunction sehr früh geltend zu machen scheint. Es bietet sich überdies gar kein Anhalt, das Blut der Salpen als vorwiegend respirirendes Medium aufzufassen; es ist farblos, erleidet an der Luft keine Farbenveränderung und könnte sehr wohl nur von nutritiver Bedeutung für den Organismus der Salpen sein.

Sind die Herzschläge in der Richtung auf den Nucleus zu meist nicht nur rascher und kräftiger, sondern auch zahlreicher als die in entgegengesetzter Richtung, so beobachtet man — besonders an Individuen, welche längere Zeit in demselben Meerwasser ohne künstliche Lufterneuerung aufbewahrt wurden — jedoch nicht selten auch das umgekehrte Verhältniß. Ich habe beobachtet, daß bei einer Salpa Africana wiederholt 6—9 advisceralen 15—20 abviscerale Schläge folgten, oft sah ich die hintereinander verlaufenden abvisceralen Pulsationen um einige Schläge die advisceralen an Zahl übertreffen. Es lohnt sich nicht, diese wechselvollen Erscheinungen näher zu beschreiben: das Salpenherz leistet in dieser Beziehung das Möglichste. Es läßt sich innerhalb gewisser, aber weiter Grenzen kaum ein Fall ausfindig machen, den man nicht beobachten könnte. Von 100 ununterbrochen folgenden advisceralen Schlägen und Einem, die-

sen entsprechenden Rückschlage einerseits, und von 100 abvisceralen Pulsationen mit Einem nachfolgenden Schlage nach entgegengesetzter Richtung anderseits werden alle Uebergänge zur Beobachtung gelangen können.

Bedeutenden Schwankungen unterliegt auch die Dauer der einzelnen Contractionen. Obschon das Herz für gewöhnlich viel weniger abviscerale als adviscerale Schläge ohne Unterbrechung ausführt, so vergeht bei jeder der beiden Schlagfolgen doch in der Regel ziemlich die gleiche Zeit; jeder abviscerale Schlag bedarf am normalen Thiere ungleich längerer Zeit als ein Schlag nach entgegengesetzter Richtung. Ich sehe als Regel das Verhältniß an, wo 12 adviscerale Schläge 15—20 Secunden und die darauf folgenden 3—6 abvisceralen Schläge incl. der zwischen beiden Schlagfolgen meist bestehenden Pause ungefähr die gleiche Zeit gebrauchen; zu drei abvisceralen Schlägen allein bedarf das Herz für gewöhnlich 6 oder 7 Secunden. Nicht selten gehen die Hin- und Rückschläge so allmälig in einander über, daß es bei sorgfältigster Beobachtung nicht möglich ist, anzugeben, ob die letzte Pulsation das Blut in die Aorta treibt oder es dem Herzen aus dieser zuführt; denn nicht immer unterbricht eine, bisweilen selbst 5—10 Secunden andauernde Pause die beiden Schlagfolgen, sondern es tritt als Uebergangsstadium ein Phänomen auf, welches lebhaft an zwei ineinander übergehende Wellensysteme erinnert, wobei Wellenberg und Wellenthal annähernd zur Deckung gebracht werden. Bei matt gewordenen Thieren bedarf das Herz zu einer Pulsation viel längere Zeit, und es erklärt sich auf diese Weise, wie verschieden die Beobachtungen über die Dauer einer Pulsation ausfallen mußten, welche nur ganz beiläufig, ohne jedes systematische Vorgehen gemacht und mitgetheilt wurden. Vorwiegend macht sich diese Differenz an normalen und geschwächten Salpen in der Dauer der advisceralen Schläge bemerkbar. Ich zählte am Herzen von einer Salpa

Africana zu verschiedenen Zeiten zwischen 52 und 7 Pulsationen in der Minute, und an fast todten Thieren sieht man mehrere Minuten vergehen, bis ein einziger Herzschlag erfolgt.

In dieser unregelmäßigen Dauer seiner Schläge gleicht das Salpenherz dem Crustaceenherzen. Bei ganz munteren Flußkrebsen führte das freigelegte Herz in einer Minute kaum 20, bei anderen dagegen an 100 Pulsationen aus. Dieses waren keine Unterschiede, welche erst durch die Präparation des Herzens veranlaßt waren; denn bei mehreren gleichzeitig geöffneten Flußkrebsen, welche sich seit Tagen unter denselben Bedingungen befunden hatten, zeigten die Pulsationen am Herzen immer eine übereinstimmende Dauer.

Sprach schon dieser Wechsel in Dauer und Zahl der Contractionen für eine spontane Beeinflussung des Herzschlages von Seiten der Salpe, so neigte ich mich dieser Auffassung noch um so mehr zu, als ich den Effect des Curare an den Salpen kennen lernte. Beim Flußkrebse hatte ich wiederholt beobachtet, und es scheint mir hier fast ausnahmslose Regel zu sein, daß, gleichgültig an welcher Stelle — ob in den Schwanz, in die Bauchhöhle oberhalb des Herzens oder unterhalb der Kiemen — man die Giftlösung injicirt, das Herz nach der Curarevergiftung früher in mäßiger Systole stillsteht, als die selbständigen Bewegungen an den Antennen, ja selbst bevor sie an den Extremitäten erlöschen. Auf electrische Reize contrahirte sich das curarisirte Krebsherz stärker, kehrte darauf aber bei meinen Versuchen nicht in den diastolischen Zustand zurück. Dieses Verhalten des Herzens, so abweichend von dem des Vertebratenherzens, traf ich auch bei den Salpen an.

Setzte ich die Salpen in curarisirtes Meerwasser, so kam das Herz regelmäßig eher zum Stillstande, als die selbständigen Bewegungen am Thiere erlahmten. Brachte ich die Curarelösung per injectionem unter den Tunicinmantel in die Nähe der Kieme,

so trat derselbe Effect ein. Auf tactile Reize führte das durch Curare in weiten diastolischen Stillstand versetzte Salpenherz anfangs einige Contractionen aus, die sich auch durch Kampher an ihm hervorrufen ließen. Aber weder durch Atropin, Physostigmin, Chinin, Muscarin, noch durch Veratrin, Helleboreïn, Digitalin, Strychnin, Nicotin etc. gelang es mir, den Curarestillstand für längere Zeit aufzuheben. Dieselbe Wirkung wie das Curare äußerte am Herzen auch das *Merck*'sche schwefelsaure Curarin, von welchem sehr geringe Mengen, in Meerwasser gelöst, der Salpe injicirt wurden.

Um zu erfahren, ob die Schlagfolge des Herzens bei den Salpen von dem Willen des Thieres abhängig ist, prüfte ich, ob die Entfernung einzelner Körpertheile einen Erfolg auf den Herzschlag ausüben werde. Am Flußkrebs war es mir nicht gelungen, durch electrische Reizung oder Durchschneidung des Bauchstranges, durch Abtragen des Gehirnes die Pulsationen des Herzens zu beeinflussen[1]); und diesem Aehnliches muß ich von dem Salpenherzen berichten. Ich konnte bei Salpa Africana und fusiformis nicht nur den ganzen Mantel und die Kieme, sondern auch den gelben Nucleus entfernen, ohne daß das Herz anfangs seine Pulsationen einstellte. Das vom Nucleus völlig befreite, fast rein isolirte Herz schlug in frisch geschöpftem Meerwasser nicht nur noch ziemlich rasch — ich zählte in einem Falle 20 adviscerale Schläge in der Minute —, sondern führte sowohl adwie abviscerale Pulsationen aus. Fast wie normal schlug das Herz in einem Falle 16 mal nach der einen und 9 mal nach der

---

[1]) *Eckhardt* (a. a. O. S. 36—38) sah dagegen viele Male am Herzen von Cancer Pagurus nach Reizung der vom Gehirn nach dem Schlunde und zu den Seiten desselben ziehenden Nerven, oder nach bloßer Reizung des Gehirns einen ungefähr zwei Minuten langen Stillstand eintreten und schließt aus diesen Beobachtungen, „daß das Crustaceenherz ebenso einen Vagus besitzt, wie das Herz der Wirbelthiere“.

andern Richtung. Wenn die Contractionen an dem isolirten Herzen nachlassen, was nach wenigen Minuten zu geschehen pflegt, gelingt es oft durch Erneuerung des Wassers die Pulsschläge wieder rascher und kräftiger, und die Richtung des Schlages wechseln zu machen. Diese Beobachtungen scheinen mir für eine willkürliche Veränderung des Herzschlages wenig zu sprechen.

Nicolaus Wagner[1]) hat die Meinung ausgesprochen, daß, wenn der Blutstrom bei den Salpen einige Zeit nach ein und derselben Richtung stattgefunden habe, der Widerstand, dem er in den Capillaren begegnet, so erheblich anwächst, daß die Contractionswelle dadurch zur Umkehr gezwungen wird, oder daß, richtiger gesagt, das Herz in Folge dessen gezwungen wird, die Richtung seiner Contractionen zu ändern. Diese Annahme, so unwahrscheinlich sie an sich schon war, hat durch das Vorhergehende gleichfalls ihre Widerlegung erhalten; denn führt das isolirte Herz ebenso wie das in der unversehrten Salpe Pulsationen nach beiden Richtungen hin aus, so kann das verursachende Moment nicht in den Capillaren, vorzugsweise nicht in denen des Mantels gesucht werden. Nicht nur die Zusammenziehungen des Salpenherzens sind in dieser Hinsicht automatische zu nennen, sondern auch für den Wechsel der Richtung seiner Contractionen trägt das Herz, wie es schon *Todaro*[2]) für wahrscheinlich hielt, die motorischen Centren in sich selbst. Noch besser als bei den Salpen lassen sich die Pulsationen an den isolirten Herzschläuchen

---

[1]) *Wagner, N.* Recherches sur la circulation du sang chez les Tuniçaires. Mélanges biologiques tirés du Bull. de l'Acad. imp. des scienc. de St.-Pétersbourg. Tom. VI. 1866—1868. p. 10—18.

[2]) *Todaro, Franc.* Sopra lo sviluppo e l'anatomia delle Salpe. Roma. 1875. S. 39 u. 40.

Vergleiche auch die Bemerkungen *H. de Lacaze-Duthiers'* (Les Ascidies simples des côtes de France. Arch. de zool. exp. et gén. T. III. 1874. p. 569—578) über die *Wagner*'sche Erklärung des alternirenden Herzschlages bei den Ascidien.

der größeren Ascidien (Ciona intestinalis, Ascidia mentula etc.) beobachten, an welchen ich durchschnittlich 20 Zusammenziehungen in einer Minute ablaufen sah.

Eckhardt fand bei Cancer Pagurus wie an kleineren Krabbenarten, und *Berger* bestätigte dessen Beobachtung an Astacus, daß immer der hintere Theil des Herzens, in welchem *Berger* ausschließlich Ganglienzellen entdecken konnte, nach der Trennung vom vordern seine Contractionen fortsetzt. Entgegen der Annahme von *Al. Brandt*, dergemäß das automatische Contractionsvermögen des vom Krebsherzen abgeschnittenen Theiles nur von seiner Größe abhängig ist, muß ich nach meinen Versuchen an Astacus *Eckhardt*'s und *Berger*'s Angaben als die allein richtigen anerkennen, welche ich auch für das Herz von Eriphia spinifrons durchaus zutreffend finde. Nicht nur das aufgeschnittene Krebsherz, sondern auch ein bestimmter Theil desselben vermag demnach noch selbständige Contractionen auszuführen. Zerlegte ich aber den abgetrennten, lebhaft pulsirenden hintern Theil des Herzens von Eriphia spinifrons in zwei symmetrische Hälften, so bewegte sich regelmäßig keines der beiden Stücke weiter.

Obschon ich wiederholt an den verletzten und auch an den entleerten Herzschläuchen von Ciona intestinalis Contractionen wahrnahm, gelang es mir nicht, ein gleiches Verhalten für das Salpenherz festzustellen. Stach ich irgend eine seiner drei Abtheilungen mit einer Nadel an, so hörte, wenn ein Bluterguß die Folge der Verletzung war, die Pulsation am ganzen Herzen sofort auf. **Das blutleere Salpenherz pulsirte nicht.** Dieser Umstand erschwert die Abtrennung des Nucleus vom Herzen sehr, welche mir deshalb auch nur wenige Male glückte.

Weder das Atropin, durch welches die Herzschläge beim Flußkrebs deutlich verlangsamt werden, noch das Muscarin äußern eine ihrer Wirkung auf das Froschherz entsprechende am Krebsherzen; aber trotzdem gelingt es, das Krebsherz durch ein Gift

— nämlich durch Veratrin — in diastolischen Stillstand zu versetzen und diesen Stillstand wieder zu beseitigen. Nach Injection von einigen Tropfen einer 1-procentigen Veratrinlösung in das Postabdomen (möglichst entfernt dem Herzen) erscheint am Flußkrebs der Herzstillstand viel früher, als das Thier aufhört, sich zu bewegen. Ich sah den Krebs minutenlang mit völlig stillstehendem Herzen herumspazieren. Die Herzpulsationen werden nach der Veratrininjection sehr bald langsamer und schwächer, das Herz bleibt allmälig immer mehr in der Diastole stehen. Einen einmaligen Reiz beantwortet das durch Veratrin vergiftete Krebsherz durch eine einmalige Contraction, während es, wenn es durch Digitalin oder durch Helleboreïn zum Stillstande gebracht wird, auf mechanische oder electrische Reize keine Pulsationen mehr ausführt. Applicirte ich dem durch Veratrin vergifteten Astacusherzen, welches in ständiger Diastole verharrte, 4—5 Tropfen einer 1-procentigen Digitalinlösung, so begann es oft schon nach 8—15 Minuten wieder dauernd zu schlagen; ich zählte an ihm alsdann in einzelnen Fällen mehr als 20 Schläge in der Minute. Ich will hier nicht entscheiden, ob wir in diesem Wiederbeginn der Contractionen thatsächlich eine Wirkung des Digitalins zu sehen haben oder ein zweites Stadium der Veratrinwirkung, ob die Pulsationen am veratrinisirten Krebsherzen nur nach Digitalinapplication oder auch ohne diese wiedererscheinen; für jetzt ist mir nur die Beobachtung wichtig, daß es gelingt, das viele Minuten gelähmt gewesene Herz später wieder pulsiren zu sehen.

Man könnte vielleicht geneigt sein, in der erwähnten Kampherwirkung auf das Salpenherz, welches durch Curare im äußersten Grade der Diastole fixirt gehalten wird, dem Verhalten des Digitalins zum veratrinisirten Krebsherzen etwas Analoges zu sehen; aber die wiederholte Beobachtung lehrt, daß der Kampher auf das curarisirte Salpenherz nur dann effectvoll ist,

wenn die Curarewirkung noch im Anfangsstadium begriffen, das Herz noch nicht vollständig vergiftet ist, — daß der Kampher am Herzen gleichsam die letzten Spuren seines Contractilitätsvermögens zur Wahrnehmung bringt. An eine antidotarische Wirkung des Kamphers dem Curare gegenüber kann hier nicht gedacht werden, und ebensowenig liefert das Vergiftungsbild einen Anhalt für die Ansicht, daß der Kampher in diesem Falle auf andere Gewebselemente als das Curare wirkt.

So sehr ich mich bemühte, auf toxicologischem Wege Ganglien im Salpenherzen, die, soviel mir bekannt ist, auch mikroskopisch nicht aufgefunden wurden, nachzuweisen, so blieben doch alle meine Versuche erfolglos.

Dem Atropin ist, wovon ich mich durch zahlreiche Versuche genügend überzeugen konnte, kein Einfluß auf das Salpenherz zuzuschreiben. Oft zählte ich an Salpen, welche 2—4 Stunden in einer 0,2-procentigen Atropinsulfatlösung zugebracht hatten, genau dieselbe Anzahl von Herzschlägen als vor dem Versuche. Bisweilen glaubte ich sogar an den Salpen eine deutliche Beschleunigung der Herzschläge in dem mit Atropin versetzten Meerwasser wahrzunehmen; es ist mir aber nach häufiger Wiederholung des Versuches jetzt nicht mehr im Mindesten zweifelhaft, daß die beobachtete größere Pulsfrequenz nicht auf das Atropin bezogen werden darf, sondern derselben undefinirbaren Natur ist wie die Beschleunigung, welche am Herzen jeder lebenskräftigen Salpe zeitweise auftritt. Wegen der Verlangsamung, welche am Herzen des Flußkrebses nach Application einer Atropinsulfatlösung auftritt, und der etwas Aehnliches am Salpenherzen nicht beobachtet wird, will ich die bei einer Versuchsreihe von mir sorgfältig notirten Pulsationen des mit einer Atropinsulfatlösung in nächste Berührung gebrachten Salpenherzens kurz mittheilen.

An einer Salpa Africana beobachtete ich im Kahne, unmittelbar nach dem Fange

8 h. 23 min. 9 advisc. und 3 abvisc. Schläge während 24 Sec.

11 h. bis 11 h. 12 min.	20 „ „ „ 60 „
	14 „ „ „ 30 „ und
	diesen abvisceralen Pulsationen correspondirten
	8 adviscerale Schläge in 11 Sec.
	56 „ „ „ 90 „
	27 „ „ „ 62 „

11 h. 12 min. brachte ich der Salpe eine 1-procentige Atropinsulfatlösung[1]) durch Injection in die unmittelbare Nähe ihres Herzens.

11 h. 15 m.	zählte ich	26 advisc.	Pulsationen in	48	Secunden
11 h. 17 m.	„ „	16 abvisc.	„ „	45	„ und
	„ „	25 advisc.	„ „	50	„
11 h. 25 m.	„ „	10 abvisc.	„ „	25	„ und
	„ „	32 advisc.	„ „	60	„ .

12 h. 8 min., als ich kurz zuvor die Salpe in frisch geschöpftes, mit Atropinsulfat versetztes Meerwasser übergebracht hatte, beobachtete ich eine sehr normale Schlagfolge. Das Herz führte 6—12 adviscerale und mit diesen abwechselnd meist 3 abvisceraIe Pulsationen aus.

Ebenso wenig sicher wirksam als das Atropin erwies sich mir das von *Merck* bezogene salpetersaure Muscarin —, von welchem äußerst minimale Mengen das Froschherz nach einigen Minuten in andauernde Diastole versetzten —, mochte dasselbe, im Meerwasser gelöst, per resorptionem allmälig in die Salpe eindringen, oder durch Injection in die unmittelbare Nähe ihres Herzens gebracht sein.

Wie sich die Salpen von einer Curarevergiftung, sobald ihr Herz einmal stillsteht, nicht wieder erholen, so widerstehen sie auch wohl niemals der Vergiftung durch andere Alkaloïde, welche ihr Herz direct afficiren.

---

[1]) Selbstverständlich wurde das Atropinsalz wie jedes andere Gift in Meerwasser gelöst.

Als starke Herzgifte für die Salpen sind in erster Reihe das Veratrin und das Chinin zu nennen. In schwach veratrinisirtem oder chinisirtem Meerwasser werden die Herzschläge allmälig schwächer und unregelmäßiger, die contractile Substanz des Herzens trübt sich ebenso wie die Ringmuskeln des Mantels; meist erscheinen die Veränderungen am Herzen aber erst später als die willkürlichen Bewegungen aufhören. Um die contractile Substanz des Salpenherzens zur Gerinnung zu bringen, bedarf es vom Veratrin noch geringerer Mengen als vom Chinin; das Absterben des Herzens gleicht genau den Erscheinungen, welche an Protozoën und an Polycelis von *Binz* resp. von mir in schwachen Chinin- und Veratrinlösungen beobachtet wurden[1]).

Auch in Meerwasser, welches sehr geringe Mengen von salpetersaurem Strychnin gelöst enthielt, erlahmte das Herz nach und nach, ohne daß an der Salpe in irgend einem Stadium der Vergiftung tetanische Erscheinungen zum Ausdruck gelangten. Während sich die advisceralen Pulse bei einer Salpa Africana vor der Vergiftung des sie umgebenden Meerwassers mit Strychnin auf 52 pro Minute berechneten, so kamen, nachdem das Wasser mit Strychnin versetzt war, zwei Minuten später 50, nach sieben Minuten 11 advisceralen Schläge auf die Minute, und nach Verlauf von abermals fünf Minuten bedurfte es zu nur 9 Pulsationen genau einer Minute.

Den Herzstillstand, welcher durch diese Alkaloïde oder durch irgend ein anderes, von mir daraufhin untersuchtes Gift geschaffen war, vermochte ich durch kein anderes Mittel bei einigermaßen completer Vergiftung für längere Zeit aufzuheben. Ich habe vieles in dieser Richtung versucht und glaube auch die zu diesen Combinationsvergiftungen als geeignetst erscheinenden Substanzen ausgewählt zu haben; meine Hoffnung ist deshalb gering,

[1]) Vergl. *Krukenberg*, Studien a. d. Küsten d. Adria. I. Abth. S. 7 u. 8.

daß in nächster Zeit Mittel gefunden werden, durch welche es gelingt, dem Salpenherzen Stillstand zu gebieten und seine Pulsationen wiederum beginnen zu machen, wann es beliebt.

Wo der sichere Nachweis von Ganglien im Herzen Wirbelloser nicht geliefért wurde, wie z. B. für das Herz der Gastropoden, stehen sich zwei Ansichten unvermittelt gegenüber. Nach den Vertretern der einen Auffassung sind die Pulsationen rein protoplasmatischer Natur, nach den Anhängern der andern, welche den Nachweis der Ganglien von der Zukunft erwarten, werden die Herzschläge wie bei den Wirbelthieren von automatischen Ganglien ausgelöst. Die Vertreter einer jeden dieser beiden Ansichten wissen sich auf ihrem Standpunkte sicher; obschon ihnen einerseits die Beweismittel fehlen, die Einwände ihrer Gegner zu entkräften, sind sie anderseits mit gutem Rechte doch davon überzeugt, daß auch ihre Meinung von den Parteinehmern für die andere Ansicht z. Z. nicht zu widerlegen ist[1]). Wenn, wie am Salpenherzen, die Muskeln deutlich quergestreift sind, dürfte es schon zulässiger erscheinen, hier die Gegenwart von Ganglien zu fordern, trotzdem sie noch nicht gesehen sind. Auf Grund meiner Versuche, bei denen es mir nicht gelang, nur Ein sicheres Anzeichen von der Existenz automatischer Ganglien im Salpenherzen wahrzunehmen, muß ich aber auch diesen Schluß für verfrüht halten und kann nicht genug darauf hinweisen, wie gut am Krebsherzen die Ergebnisse der physiologischen Experimente mit den histologischen Befunden übereinstimmen.

Versagten alle angewandten Methoden ihren Dienst, die automatischen Pulsationen des Salpenherzens auf die Thätigkeit von

---

[1]) Der Streit zwischen *Foster* uud *Dogiel*, von denen der Eine im Herzen von Helix pomatia keine, der Andere nur apolare Ganglien zulassen wollte, dürfte durch *Vulpian*, nach dessen Untersuchungen Inée-Extract und Muscarin, letzteres auch in seinem Verhalten zu Atropin, auf das Herz von Helix pomatia ganz ebenso wie auf das Froschherz wirken. jetzt geschlichtet sein.

Ganglien zurückzuführen oder als protoplasmatische bestimmt nachzuweisen, so sind doch von mir Stoffe aufgefunden, durch welche die Zahl der Pulsschläge nach ein und derselben Richtung einerseits vermehrt, und anderseits verkleinert werden kann. Ersteres gelingt durch Helleboreïn, letzteres durch Nicotin, vielleicht auch durch Kampher und Strychnin.

An einer Salpa fusiformis, welche in eine 0.1 bis 0.2-procentige Helleboreïnlösung gesetzt war, beobachtete ich[1]):

vor der Vergiftung:	8 Minuten nach der Vergiftung:	30 Minuten nach der Vergiftung:
15 12 16 12 16	62 24 64 32	240 adviscerale Schläge, fünfmal zwar unterbrochen durch Pausen von 1 bis 5 Secunden Dauer, aber nicht durch abviscerale Pulse.

An Salpa Africana fand ich:

vor der Vergiftung:	4 Minuten nach der Helleboreïnvergiftung:	15 Minuten nach der Helleboreïnvergiftung:
12 13 15 14	durchschnittlich 30 adviscerale Herzschläge	mehr als 400 adviscerale Pulse[2]).

In anderen Fällen sah ich am Herzen von Salpa Africana in der Helleboreïnlösung 82, über 130, ja selbst über **1200** Pulsationen in ununterbrochen advisceraler Richtung verlaufen.

---

[1]) Ueber die Anordnung der Zahlen in den folgenden Tabellen vergl. die zur ersten Tabelle auf S. 159 gemachten Angaben.

[2]) Als ich 400 Pulsationen, welche das Herz ununterbrochen in der Richtung auf den Nucleus hin sandte, gezählt hatte, mußte ich die Beobachtung unterbrechen. Ueber die 400 Contractionen waren genau $8^1/_2$ Minute vergangen.

Wurden die Salpen aus der Helleboreïnlösung in frisches Meerwasser gebracht, so kehrte die Schlagweise ihres Herzens sehr bald zur normalen zurück. Nach einigen, wenigen Beobachtungen ist es mir nicht unwahrscheinlich, daß das Muscarin eine ähnliche Wirkung auf das Salpenherz ausübt wie das Helleboreïn; doch berechtigen meine unter sich nicht völlig übereinstimmenden Versuchsergebnisse dazu nicht, dem Muscarin eine dem Helleboreïn analoge Wirkung auf's Salpenherz bestimmt zuzuschreiben.

Das Helleboreïn äußert stets die beschriebene Wirkung an dem Salpenherzen. Es ist ohne Belang, ob es frisch geschöpftem oder bereits einige Stunden in Glasgefäßen aufbewahrtem Meerwasser, in welchem sich die Salpen befinden, zugesetzt wird, ob es das Thier durch Resorption aus dem umgebenden Meerwasser aufnimmt, oder ob es auf dem Wege der Injection an den Herzschlauch unmittelbar gelangt.

Genau dem Helleboreïn entgegengesetzt wirkt auf das Salpenherz das Nicotin. Während die Zahl der advisceralen Herzschläge durch das Helleboreïn vermehrt wird, so wird sie dagegen durch das Nicotin vermindert. Nicht nur auf das unvergiftete, sondern auch auf das durch Helleboreïn vergiftete Herz wirkt in dieser Weise das Nicotin.

In dem mit Nicotin versetzten Meerwasser beobachtete ich an vier Salpa Africana folgenden Wechsel des Herzschlages:

I.	II.	III.	IV.
7 1 1 2 3 3 2	3 2 1 1 5	2 3 2 7 1	5 0 3 2.

Zugleich mit diesem außergewöhnlich raschen Wechsel der Richtung werden die Pulse an dem durch Nicotin vergifteten Herzen schwächer, und die Salpen überleben die Nicotinvergiftung nicht. Auch durch Helleboreïn sind die durch Nicotin am Herzen hervorgerufenen Veränderungen nicht auszugleichen. Aehnlich dem Nicotin scheint, wie ich schon oben bemerkte, das Strychnin zu wirken, und vielleicht ist der Kampher ein Stoff, durch welchen sich die Schlagrichtung am Salpenherzen ebenso schnell als durch Nicotin umkehren läßt, dessen Wirkung vom Herzen auch viel besser ertragen wird als die des Nicotins, und welche deshalb vielleicht wieder rückgängig zu machen ist.

Als ich entdeckte, daß die Beschaffenheit des Meerwassers einen unzweifelhaften Einfluß nicht nur auf die Zahl der Pulse, sondern auch auf den Richtungswechsel derselben am Salpenherzen ausübt, glaubte ich die Umkehr der Pulsationen mit der Sauerstoffaufnahme in Zusammenhang bringen zu können. Ich vermuthete, daß das Herz immer an dem Ende, welches mehr oder weniger zufällig von dem sauerstoffreichsten Blute bespült wird, seine Pulsationen beginnen würde, und sprach als den Sitz der Athmung nicht ausschließlich die Kiemen, sondern auch den Mantel an. Ich glaubte den für manchen Mollusken und Molluskoïden gewiß sehr richtigen Ausspruch *Meckel*'s (Beiträge zur vergl. Anatomie. Bd. II, S. 106): „Wie das Insect ganz Trachee, so ist das Thier der Bivalven ganz Kieme“ auch auf die Salpen anwenden zu dürfen. Daß aber nicht nur der Sauerstoff resp. eine Kohlensäureansammlung im Blute den Zeitpunkt der Umkehr der Pulsationen bestimmt, lehren die Folgen der Helleboreïn- und Nicotinvergiftung zur Genüge. Diese scheinen mir darauf hinzuweisen, daß die Umkehr der Pulsationen auf reflectorischem Wege erfolgt und durch Ganglien vermittelt wird, für welche Deutung meiner Beobachtungen auch der auffällige Unterschied, welcher sich in dieser Hinsicht an den Salpen — je nachdem sie

in sauerstoffreichem oder sauerstoffarmem Wasser verweilen — zu erkennen gibt, gleichfalls wohl verwerthbar ist.

Der Vergleich des Mechanismus am Salpenherzen mit dem am Krebsherzen, welchen ich mit Vorliebe in dieser Abhandlung anstrebte, lehrt, daß das Herz der Salpen — abgesehen von der periodischen Umkehr seiner Pulsationen, welche es auch von dem Herzen der Mollusken functionell so abweichend erscheinen läßt — normal anderen Impulsen seine Rhythmik verdankt als das der Crustaceen.



Die pendelartigen Bewegungen des Fusses von Carinaria mediterranea.

Nur tief im Organismus verborgen vermuthet man die Organe, welche unbekümmert um die spontanen Bewegungen des Thieres den Rhythmus ihres Schlages immer annähernd einhalten und, abgelöst vom übrigen Körper, unter günstigen Bedingungen ihre Pulsationen wie unter normalen Verhältnissen fortsetzen. Eine ständige Rhythmik der Schläge an einem mit dem Ganzen außer Verbindung gesetzten Organe ist man nur am Herzen zu sehen gewohnt; ungeregelte Contractionen verlaufen dagegen an vielen ihres natürlichen Zusammenhangs beraubten Körperstücken. Nur mit dem isolirten, pulsirenden Herzen[1]) kann ich deshalb in dieser Hinsicht das Organ vergleichen, dessen Mechanismus von mir jetzt kurz beschrieben werden soll.

Nächst den Cephalopoden, als deren Repräsentant Eledone moschata von mir früher untersucht worden war, schien sich mir keine andere Classe oder Unterclasse der Mollusken wegen der Lebhaftigkeit ihrer Bewegungen zu toxicologischen Untersuchungen besser zu eignen als die Pteropoden und Heteropoden. Ich habe an verschiedenen Arten derselben Vergiftungen ausgeführt, bin aber an ihnen zu keinem entscheidenden Ergebnisse

[1]) Da es sich hier um Organe höherer Thiere handelt, so werden weder die Flimmerzellen, noch die mehrere Organe führenden Körperstücke wie z. B. die Medusenantimeren zum näheren Vergleich herangezogen werden dürfen.

über den Ort der Giftwirkung gelangt; denn die Nerven ließen sich nicht genügend frei legen, die Muskeln starben zu rasch ab, und die Curarevergiftung —, welche, wie ich beiläufig bemerken will, wenigstens an Cymbulia und Carinaria erst nach viel größeren Dosen und nach längerer Zeit als an anderen Gastropoden eintritt[1]), — überstanden die Thiere nicht. Bei diesen

[1]) Vergl. *Steiner, J.* Ueber die Wirkung des amerik. Pfeilgiftes Curare. Archiv f. Anat. u. Physiol. 1875. S. 168 ff. (Curarewirkung an Helix pomatia und Aplysia depilans.)

Steiner, J. Das amerik. Pfeilgift Curare. Leipzig. 1877. S. 56—59.

Krukenberg, Vergl. physiol. Studien a. d. Küsten d. Adria. I. Abth. S. 35 u. S. 118. (Curarewirkung an Doris tuberculata und Spurilla neapolitana.)

Der Behauptung von *E. Yung* (De l'absorption et de l'élimination des poisons chez les Céphalopodes. Compt. rend. T. XCI. 1880. p. 238—239, daß „la résistance relative, que présentent certains animaux à l'action de certains poisons, réside surtout dans la difficulté de l'absorption", wo er die Bezeichnung Absorption statt Resorption gebraucht, vermag ich nach meinen Beobachtungen an Cephalopoden, Gastropoden und Lamellibranchiaten nicht beizustimmen; denn nach Injection von circ. 2 gr. einer 1—2-procent. Curarelösung in den Eingeweidesack erhielt ich bei Eledone moschata denselben unberechenbaren, individuellen Schwankungen unterworfenen (*Klemensiewicz* und *Colasanti* auf diese Weise bekanntlich gar keinen) Effect, wie nach Curarisirung des umgebenden Meerwassers. Die durchaus negativen Resultate meiner Curareversuche an Lamellibranchiaten haben sicherlich ihren Grund in der Unfähigkeit ihrer, bei anderen Thieren durch Curare toxisch beeinflußten Gewebe — vorausgesetzt, daß diese in gleicher Weise bei jenen wie bei diesen ausgebildet sind — das Curare zu resorbiren; aber eine Substanz, deren Aufnahme die lebenden Elementarorganismen, deren Thätigkeit dadurch gefährdet werden könnte, verweigern, oder welche erst in ausnehmend großen Quantitäten dem Organismus einverleibt, auf diesen nachtheilig wirkt, bezeichnet man nicht mehr als Gift; und ich vertrete deshalb fernerhin den Satz: **das Curare ist auf alle bislang untersuchten Lamellibranchiaten als unwirksam befunden.** Es sei mir erlaubt, zu *Yung*'s Abhandlung nur noch zu bemerken, daß von *Paul Bert* keineswegs bewiesen ist, daß sich Sepia officinalis gegen Curare und Strychnin ungefähr wie die „animaux classiques de l'expérimentation" verhält, daß vielmehr, wie ich zeigte, das Curare auf die Radiärfasern an den Chromatophoren bei Eledone — abweichend von

Versuchen richtete ich mein besonderes Augenmerk auf die Bewegungen des flossenartig umgestalteten Theiles des Fußes bei Carinaria.

Der Fuß dieses Heteropoden führt am frisch eingefangenen, unversehrten Thiere in einer Minute 30—36 Pendulationen aus; daß diese zu irgend einer Zeit aussetzen, eine willkürliche Beschleunigung oder Verlangsamung erfahren, wurde von mir nicht beobachtet; sie dauerten mit derselben Regelmäßigkeit fort, wenn ich die leicht zerbrechliche kahnförmige Schale mit dem Eingeweidesacke, den Kopf, ja wenn ich den ganzen Körper bis auf den, kaum eine Linie breiten Basalansatz des Fußes entfernte. Schnitt ich diesen jedoch weg, so hörten die Pendulationen des Fußes sofort für immer auf, während große Stücke der Fußschneide entfernt werden konnten, ohne daß das Basalstück des Fußes seine rhythmischen Bewegungen einstellte.

Es ist aus den Ergebnissen dieser Versuche der sichere Schluß zu ziehen, daß das durch *H. Milne Edwards*' und *Gegenbaur*'s[1]) anatomische Untersuchungen bei Carinaria bekannt gewordene, „dem untern Schlundganglion der übrigen Gastropoden analoge Ganglion pedale, welches dicht am Anfang der Flossenbasis liegt und aus vier einzelnen, mit einander verschmolzenen Ganglienmassen sich zusammensetzt“, als das automatische Centrum für die Bewegungen des Fußes zu gelten hat. Dafür, daß durch Vermittlung der das Ganglion pedale mit der untern

---

seinem Verhalten an allen übrigen Thieren — reizend wirkt, und daß das Strychnin bei Eledone wie bei Sepia aller Wahrscheinlichkeit nach periphere Ganglien lähmt. Um einen rapiden Effect an Eledone, deren Kopfarterie bloß gelegt ist, zu erzielen, bedarf es kaum, letztere mit **„zwei oder drei Tropfen“** Curarelösung (cf. *Yung*, Sur l'action des poisons chez les Céphalopodes. Compt. rend. T. XCI. 1880. p. 306—308) zu füllen; eine noch indifferentere Injectionsflüssigkeit wird hier ziemlich dasselbe leisten.

[1]) *Gegenbaur, C.* Untersuchungen über Pteropoden und Heteropoden. Leipzig. 1855. S. 135.

großen Ganglienmasse, welche dem Schlundganglion der übrigen Gastropoden entspricht, verbindenden Commissurstränge die Bewegungen der Flosse auch unter den Einfluß anderer Ganglienanhäufungen gestellt sind, vermag ich keine experimentelle Daten beizubringen. Die Bewegungen blieben an dem abgetrennten, im Meerwasser flottirenden Fuße 5—15 Minuten lang normal, darauf wurden sie langsamer und hörten endlich ganz auf.

In Nicotin- und Veratrinlösungen — sei es, daß das ganze Thier oder daß die amputirte Flosse in die Giftlösung gebracht wurde — erloschen die Contractionen sehr rasch; das Atropin erwies sich dagegen weniger wirksam. In starken Curarelösungen trat die Ruhe oft erst nach 10—30 Minuten ein; stand der Fuß aber erst einmal still, so war der Stillstand nicht wieder rückgängig zu machen. Genau so wie Curare wirkte das schwefelsaure Curarin von *Merck*.

Ich hoffte die Bewegungen des Fußes durch irgend ein Gift aufheben zu können, um darauf die Pendulationen durch eine antagonistisch wirkende Substanz wieder in den Gang zu setzen. Obgleich ich die Vergiftungen mit Physostigmin, Muscarin, Atropin, Veratrin, Chinin, Digitalin, Helleboreïn, Strychnin, Pikrotoxin. Curare, Kampher und Chloroform in jeder nur denkbaren Weise combinirte, sah ich von dem gewünschten Erfolge keine Andeutung auftreten.

Ueber das Verhältniss der Leberpigmente zu den Blutfarbstoffen bei den Wirbellosen.

(Hierzu Taf. I.)

Die Entdeckungen des Hämoglobins, des Chlorocruorins, des Hämocyanins, des Hämerythrins und anderer Farbstoffe resp. Chromogene im Blute verschiedener Wirbelloser veranlaßten mich, auch die Leberpigmente zu berücksichtigen. Seitdem man vielleicht berechtigt ist, die Gallenfarbstoffe der Wirbelthiere vom Hämoglobin abzuleiten, durfte die Inangriffnahme dieser Untersuchungen als eine zeitgemäße erscheinen. Es mußte untersucht werden, ob auch bei den Wirbellosen eine Beziehung zwischen Leber- und Blutfarbstoffen ausfindig zu machen ist, ob die Thiere, welche z. B. durch den Gehalt ihres Blutes an Hämoglobin oder Hämocyanin eine Uebereinstimmung bekunden, es in entsprechender Weise auch durch ihren Leberfarbstoff thun. Wiederholt hat man bis in die neueste Zeit auf die — soviel sich gegenwärtig vermuthen läßt — für die Wirbelthiere typischen Gallenfarbstoffe in den Evertebratenlebern gefahndet. Alles, was in dieser Beziehung Positives vorgebracht wurde, bezieht sich aber fast ausschließlich auf die, wennschon unsicher gelungene *Gmelin*'sche Farbstoffreaction. Obgleich mehrere Lebern von Arthropoden, Würmern und Mollusken von mir auf die sog. echten Gallenpigmente untersucht wurden, so habe ich ein sicheres Ergebniß durch die *Gmelin*'sche Reaction nie erhalten, und eine Anzahl geübter Forscher sind auf demselben Wege wie ich zu einem ne-

gativen Resultate gelangt[1]). Bei so pigmentreichen Organen, wie es die Lebern zahlreicher Wirbelloser sind, würde es durchaus nicht schwer fallen, die sog. echten Gallenfarbstoffe in genügender Menge zu gewinnen, sie nach den gebräuchlichen Methoden rein und krystallisirt zu erhalten, — vorausgesetzt, daß die Lebern oder ihre Secrete die Färbung vorzugsweise diesen Pigmenten verdanken. Das ist aber bei der Mehrzahl der Wirbellosen sicherlich nicht der Fall; ihr Leberfarbstoff ist ein fettes Oel oder wenigstens in diesem gelöst, und gerade entgegengesetzt von dem Verhalten bei den Wirbelthieren zeigt sich bei den Evertebraten die Leber durch diesen auffallend stark, ihr Secret dagegen oft sehr wenig gefärbt. So ist z. B. bei Loligo vulgaris das von der schwefel- bis bräunlichgelben Leber abgesonderte Secret schwach gelblich, oft annähernd farblos, und derartige Fälle ließen sich noch viele anführen. Uebrigens wird berücksichtigt

---

[1]) Ich prüfte die siedendheiß angefertigten Auszüge der Lebern, indem ich die heiß filtrirten und völlig erkalteten Lösungen in kleinen Probirröhrchen über die salpetrige Säure enthaltende Salpetersäure schichtete.

Die gelben bis gelbbraunen Extracte von Krebslebern (Astacus, Homarus, Pilumnus, Grapsus, Carcinus, Eriphia, Palinurus) wurden dabei heller oder ganz entfärbt, die braunröthlichen von Eledone, von Mytilus und von anderen Molluskenlebern färbten sich dagegen grünlichgelb, darauf bisweilen etwas röthlich. Dieser Farbenwechsel wird auch wohl von *Cadiat* (Gazette médicale de Paris. 1877. p. 238 u. 1878. p. 270) beobachtet sein; es ist aber nicht der für die sog. echten Gallenfarbstoffe charakteristische. Die Galle der Borstenwürmer (Siphonostoma, Aphrodite, Spirographis) wurde durch Salpetersäure anfangs tiefblutroth, später weingelb; der tieforangefarbige Auszug der Darmdrüsen von Ascidia mentula nahm durch Salpetersäure zuerst eine grünlichgelbe Färbung an, darauf wurde er dunkelroth und zuletzt bräunlich. Die Farbe des rothbraunen Leberauszuges von Tethys fimbria wurde durch Salpetersäure kaum verändert, und dergleichen völlig unbestimmte Farbenveränderungen, welche ich an den wässerigen Leberauszügen anderer Wirbelloser auf Salpetersäurezusatz beobachtete, könnte ich noch mehrere anführen. Der rothe Cynthienfarbstoff, dessen Spectrum ich in der beigegebenen Tafel aufgenommen habe, wurde, wie das rothe Pigment aus einem Didemnum durch die Salpetersäure langsam gebleicht, ohne daß in den Lösungen eine Uebergangsfärbung bemerkbar wurde.

werden müssen, daß man unter der Rubrik der sog. echten Gallenpigmente zahlreiche verschiedene Farbstoffe zusammenfaßt, welche nur durch ihre hypothetisch gleiche Abstammung und vielleicht auch durch die *Gmelin*'sche Reaction —, von der sich zwar auch keineswegs behaupten läßt, daß sie diesen vermeintlichen Hämoglobinderivaten durchaus eigenthümlich ist, — zusammengehalten werden.

Seit dem Nachweise, daß gewisse Pigmente (Hämoglobin, Tetronerythrin) sowohl bei Vertebraten als bei Evertebraten zu finden sind, hat die Frage nach der Verbreitung der sog. echten Gallenfarbstoffe nur noch aus Einem Grunde eine hervorragendere vergleichend physiologische Bedeutung, welche meines Erachtens aber nicht hoch genug angeschlagen werden kann und deshalb den exactesten Nachweis dieser Substanzen verlangt. Ließe sich nämlich nachweisen, daß hämoglobinfreie Wirbellose thatsächlich sog. echte Gallenpigmente produciren, so müßte selbstverständlich daraus der Schluß gezogen werden, daß die Gallenfarbstoffe auch direct, ohne Dazwischenkunft des Hämoglobins, in Organismen entstehen können. Das zur Erledigung dieser Frage erforderliche Beweismaterial, welches nur an den isolirten Farbstoffen gewonnen werden kann, ist bislang aber noch nicht geliefert, und ich durfte deshalb den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse über das Vorkommen der sog. echten Gallenfarbstoffe bei Wirbellosen in folgenden Worten zum Ausdruck bringen[1]: „Trotzdem mehrere Thatsachen zu der Anschauung berechtigen, die Gallenfarbstoffe (im engeren Wortsinne) aus dem Hämoglobin entstehen zu lassen, so hat man letztere doch selbst bei hämoglobinhaltigen Wirbellosen (Aphrodite, Lumbricus, Planorbis) stets vermißt."

[1]) *Krukenberg*, Vergl. physiol. Beiträge z. Kenntniß der contractilen Gewebe. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. III, S. 220.

Als ich gefunden, daß bei der Extraction des Fettes aus den Evertebratenlebern der Farbstoff beim fetten Oel bleibt, daß sich durch anhaltende Behandlung mit Aether die Lebern völlig entfetten und ziemlich weiß erhalten lassen, als ich mich überzeugt hatte, daß bei allen, von mir untersuchten Lebern der Wirbellosen die *Gmelin*'sche Reaction ein negatives oder ein höchst zweifelhaftes Resultat liefert, erachtete ich es für rathsam, meine Untersuchungen über das Vorkommen der sog. echten Gallenfarbstoffe bei Wirbellosen, welches nur ein sehr beschränktes sein kann, abzubrechen und so lange, bis mir der Zufall ein günstig erscheinendes Object in die Hand spielen würde[1]), zu verschieben. Für ein solches hielt ich später die intensiv grünen Verdauungssäfte mancher Würmer (Aphrodite, Siphonostoma, Spirographis); aber so oft ich diese mittelst der *Gmelin*'schen Probe auch prüfte, das für die sog. echten Gallenpigmente charakteristische Farbenspiel habe ich durch Salpetersäure an ihnen nicht hervorrufen können. Schon *Tiedemann* und *Gmelin*[2]) sahen den Farbenwechsel nicht an allen Fischgallen mit gleicher Deutlichkeit auftreten. Es würde deshalb wohl zweckmäßig sein, die Galle vieler verschiedener Fische in dieser Hinsicht zu untersuchen, bevor

---

[1]) Glücklicher als ich dürfte *Max Weber* (Ueber den Bau u. die Thätigkeit der sog. Leber der Crustaceen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 17. 1880. S. 415) gewesen sein, welcher an dem durch Wasser verdünnten Secret von Asellus cavaticus auf Zusatz von rauchender Salpetersäure Farbenringe beobachtete, „welche lebhaft an die *Gmelin*'sche Reaction erinnerten und sich kaum von den Farbenringen unterschieden, die bei gleicher Behandlung sehr verdünnte Frosch- und Ochsengalle lieferte". Aber die unzureichende Menge von Material „gestattete leider nicht mit einem concentrirteren Extract der Drüsenschläuche diese Versuche zu wiederholen und erlaubt daher nicht mit Sicherheit sagen zu können: das Drüsensecret gibt die *Gmelin*'sche Reaction".

[2]) *Tiedemann, F.* u. *Gmelin, L.* Die Verdauung etc. II. Bd. 2. Aufl. Heidelberg u. Leipzig. 1831. S. 258—263. Auch die Galle von Python tigris gab *Schloßberger* (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 102. 1854. S. 92) „trotz ihrer satten Färbung mit salpetriger Salpetersäure nur sehr schwach das bekannte Farbenspiel".

man die Versuche auf die Extracte oder Secrete der Lebern von Wirbellosen weiter ausdehnt; denn es scheint schon unter den Fischen einzelne zu geben, deren Galle, wie es auch vom Amphioxus angegeben wird, von sog. echten Gallenfarbstoffen nichts oder nur sehr wenig enthält. Ich prüfte nur die Galle von Cyprinus Carpio und von Luvarus imperialis; beide gaben mit Salpetersäure die bekannte Reaction der Gallenfarbstoffe, ganz besonders schön die dunkelgrüne Galle von Luvarus.

Ein weniger durchgreifender Unterschied zwischen den Lebersecreten der Wirbelthiere und denen der Evertebraten scheint durch den Gehalt an Cholaten gegeben zu sein. Wie die Galle aller von mir daraufhin geprüften Vertebraten[1]) schmeckt auch, wie schon *Treviranus*[2]) wußte, das Lebersecret einiger Krebse (z. B. Astacus fluviatilis) mehr oder weniger, bisweilen sehr stark bitter. Beim Fußkrebs wird wie bei den Wirbelthieren der bittere Geschmack nur an dem Lebersecrete, nicht an dem Lebergewebe bemerkbar. Bei anderen Crustaceen (Eriphia spinifrons, Pilumnus villosus, Grapsus marmoratus, Squilla mantis) vermißte ich zwar die bittere Beschaffenheit der Galle; es ist mir jedoch wahrscheinlich, daß auch deren Lebersecret bitter schmecken kann, da ich selbst beim Flußkrebs großen temporären oder individuellen Verschiedenheiten begegnete. Die Lebersecrete von Vertretern anderer Classen unter den Wirbellosen[3]) schmeckten fade, niemals bitter.

Ueber das Gelingen der *Pettenkofer*'schen Gallenreaction mit

---

[1]) Auf ihren Geschmack prüfte ich die Galle folgender Fische: Torpedo marmorata, Mylobates aquila, Scyllium canicula, Squatina angelus, Lophius piscatorius, Luvarus imperialis, Perca fluviatilis, Esox lucius, und fand sie bei allen von bitterm Nachgeschmack.

[2]) *Treviranus*, *G. R.* Biologie oder Philosophie der lebenden Natur. Bd. IV. 1814. S. 418.

[3]) Ich prüfte den Geschmack des Lebersecretes (nicht den der Leber!) von folgenden Wirbellosen:

dem Lebersecrete wirbelloser Thiere sind die Ansichten nicht weniger getheilt gewesen, als über das Vorkommen der echten Gallenpigmente in ihnen. Voraussichtlich wird die *Pettenkofer*'sche Reaction mit stark bitter schmeckenden Lebersecreten von Crustaceen gut gelingen; mit den Lebersecreten verschiedener Mollusken habe ich die Reaction, wenn ich nach *Voit*'s Methode[1]) verfuhr, nicht sicher erhalten können, und glaube um so weniger an das Vorkommen von Cholaten in den Molluskenlebern, als die Secrete, wie bemerkt, keinen bittern Geschmack besitzen.

Eine andere, von mir in Anwendung gebrachte Methode, die Lösungen der Leberpigmente von Wirbellosen spectroskopisch zu untersuchen[2]), lieferte bekanntlich keine Anhaltspunkte, auf welche sich eine Analogie der Lebersecrete Wirbelloser mit denen der Wirbelthiere gründen ließe. Wie bekannt, zeigen aber die Gallenfarbstoffe keine so charakteristische Einwirkungen auf das Licht, daß die Spectraluntersuchung zu ihrer Erkennung und

---

Scorpione: Buthus occitanus, Scorpio murensis.

Insecten: Periplaneta orientalis; Carabus auratus, Hamaticheros heros, Lucanus cervus.

Mollusken: Loligo vulgaris, Eledone moschata; Pecten Jacobæus, Mytilus edulis, Pinna squamosa; Murex brandaris, Turbo rugosus, Helix pomatia, Arion ater.

Echinodermen: Asteracanthion glacialis, Astropecten aurantiacus; Holothuria tubulosa, Cucumaria Planci.

Tunicaten: Ascidia mentula, Ciona intestinalis.

[1]) *Voit*, *C.* Anhaltspunkte f. d. Physiologie d. Perlmuschel. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. X. 1860. S. 471.

[2]) Schon in früher erschienenen Abhandlungen habe ich die Spectren der Leberauszüge von Eledone moschata, Helix pomatia, Limnæus stagnalis, Mytilus edulis (Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II, Taf. 1), Palinurus vulgaris, Turbo rugosus, Doris tuberculata, sowie die Spectren des Darmsaftes von Spirographis Spallanzanii und des alkoholischen Darmauszuges von Toxopneustes lividus (Vergl. physiol. Studien an den Küsten der Adria. II. Abth. Taf. 1 u. 2) dargestellt.

Unterscheidung wesentlich behülflich ist[1]). Die Galle von Luvarus imperialis, welche die *Gmelin*'sche Reaction in ausgezeichnetem Grade gibt, erweist sich sogar spectroskopisch betrachtet als durchaus frei von Absorptionsbändern.

Ist durch meine spectralanalytischen Beobachtungen für die Lösung der Frage nach der Uebereinstimmung der Leberpigmente von Wirbellosen mit den Gallenfarbstoffen der Vertebraten auch nichts gewonnen, so wurde dadurch doch ein andrer Punkt aufgedeckt, der mir vergleichend physiologisch wichtig genug erscheint, um ihn hier hervorzuheben.

Es läßt sich nicht leugnen, daß den Spectren vieler alkoholischer Leberauszüge ein Absorptionsband gemeinsam ist, trotzdem die Lebern organisatorisch sehr verschiedenen Wirbellosen angehören. Das meist tiefschwarze Band im Roth, dessen Lage vielleicht nach der Reaction und dem Alter der Lösung zwischen *a* und *C* schwankt, welches hier besonders in Betracht kommt, erscheint sowohl in den alkoholischen Extracten verschiedener Krebs- wie Molluskenlebern. Wir wissen, daß beide Thierabtheilungen durch den Gehalt ihres Blutes an Hämocyanin, welcher für mehrere Crustaceen-, wie Gastropoden- und Cephalopodenarten nachgewiesen ist, eine Uebereinstimmung bekunden, und es dürfte so nahe gelegt sein, die Resultate beider Versuchsreihen — die Spectren der Leberauszüge und die Gegenwart des Hämocyanins im Blute —, zu vergleichen.

Bei dieser Vergleichung finden wir, daß das alkoholische Extract der Leber von Astacus, in dessen Blute das Hämocyanin resp. das Hämocyanogen von *Häckel*, *Witting*[2]) und mir ständig vermisst wurde, von den alkoholischen Leberauszügen der übrigen

---

[1]) Vergl. *Hoppe-Seyler*, *F.* Handb. d. physiol.- u. path.-chemischen Analyse. 4. Aufl. 1875. S. 211.

[2]) *Witting*, *E.* Ueber das Blut einiger Crustaceen und Mollusken. Journ. f. pract. Chem. Bd. 73. 1858. S. 123—127.

Krebse, deren Blut außer einer mehr oder weniger wahrnehmbaren Menge rothen Pigmentes Hämocyanin führt, spectroskopisch auffallend abweicht. Andrerseits finden wir aber für die alkoholischen Leberauszüge von hämocyaninführenden und hämocyaninfreien Thieren (z. B. von Mytilus edulis und Grapsus marmoratus) eine so merkwürdige Uebereinstimmung in der Lage der Absorptionsbänder, daß unmöglich angenommen werden kann, die Entstehung der sich spectroskopisch markirenden Pigmente setze nothwendig die Gegenwart des Hämocyanins oder das Vorkommen des bei Krebsen vielfach gefundenen rothen Farbstoffs im Blute voraus.

Außerordentlich deutlich und gegen die Umgebung scharf abgegrenzt erscheint das tiefschwarze Absorptionsband am rothen Ende des Spectrums der alkoholischen Auszüge von den Lebern der Krebse (Grapsus, Pilumnus), des Scorpions (Buthus occitanus), der Cephalopoden (Eledone), der Lamellibranchiaten (Mytilus), der verschiedensten Gastropoden (Pleurobranchus, Tethys, Aplysia, Helix, Limnæus), und es dürfte dieses wohl unzweifelhaft auf die Identität wenigstens Eines Leberfarbstoffes bei diesen Thierformen hinweisen. Die übrigen Absorptionsbänder in den Spectren sind nicht constant, sie wurden von mir bald gefunden, bald vermißt. Aber auch aus diesen — besonders aus dem Auftreten des Bandes um D — wird sich eine gewisse Gleichartigkeit der Leberpigmente ableiten lassen.

Eine Identität, jedenfalls eine nahe Verwandtschaft zwischen den Pigmenten des Verdauungssaftes und dem Blutfarbstoffe wird sich dagegen bei den grünes Blut führenden Chætopoden (viele Sabellen, Siphonostoma diplochaïtos, Spirographis Spallanzanii etc.) ergeben. Schon früher wies ich darauf hin und behalte mir darüber weitere Mittheilungen vor.

Von großem Interesse würde es sein, zu erfahren, ob die Farbstoffe, durch welche andere Körpertheile — z. B. der Mantel,

die Kiemen und Schalen der Mollusken, die Panzer der Arthropoden, die Geschlechtsdrüsen mancher Würmer — sich oft so ausnehmend stark tingirt zeigen, Derivate des Leber- resp. des Blutfarbstoffes sind. Ich habe abermals die alkoholischen Auszüge der Leber, der Kiemen und des Ovariums von Mytilus edulis gesondert einer spectroskopischen Untersuchung unterworfen und fand in dem Kiemenauszuge auch dieses Mal im Roth ein Band, welches ebenso scharf und breit von mir im Spectrum des alkoholischen Extractes der Mytiluslebern beobachtet wurde. Außerdem fand ich noch ein schwaches Absorptionsband vor *E* und bei Beobachtung einer sehr verdünnten Lösung im directen Sonnenlichte eine lichtschwache Stelle hinter *F*, welche sich aber wenig scharf vom übrigen Spectrum abhob. Letztere beiden Absorptionen schienen ebenso inconstant, wie das Band zwischen *C* und *D* im Spectrum der alkoholischen Leberauszüge zu sein. Der alkoholische Auszug vom Ovarium war wenig gelblich gefärbt, und wohl nur seines geringen Farbstoffgehaltes wegen gab sich in demselben kein Absorptionsband zu erkennen.

Das Vorkommen zahlreicher Farbstoffe in dicht neben einander lagernden Zellen der Epidermis bei Krebsen, Mollusken und Fischen macht die Entstehung vieler Farbstoffe in loco wahrscheinlicher, als daß dadurch die Ansicht begünstigt würde, nach welcher die Leber gleichsam das Hauptfarbstoffmagazin des Körpers vorstelle, daß sich aus ihr nicht nur gefärbte Säfte in den Darmcanal ergießen, um von da nach außen zu gelangen, sondern daß die Leber auch die Farbstoffe, welche in den verschiedensten Körpertheilen abgelagert sind, producire, und daß diese, durch den Blutstrom den einzelnen Theilen des Organismus zugeleitet, in den Geweben dann nur deponirt zu werden brauchen. Die Möglichkeit aber, daß eine Beziehung des Leberfarbstoffes zu anderen Pigmenten des Körpers insofern besteht, als letztere Derivate des Leberfarbstoffes sind, wird besonders da nicht außer

Acht gelassen werden dürfen, wo die Leber selbst, wie z. B. bei Pleurobranchus, verschieden pigmentirte Zellen enthält.

Jetzt, wo wir wissen, daß **wenigstens bei den Crustaceen und Mollusken ein durchgreifendes Abhängigkeitsverhältniß der spectroskopisch unterscheidbaren Leberpigmente von den Blutfarbstoffen nicht besteht,** müssen, da auch alle Angaben über die Identität der Leberpigmente Wirbelloser mit den Gallenfarbstoffen der Wirbelthiere sich als zu wenig beweiskräftig erweisen, erst die Resultate eingehenderer Untersuchungen in den bezeichneten Richtungen abgewartet werden, bevor man sich eine irgendwie begründete Ansicht über die gewiß zahlreichen und bei verschiedenen Species vielleicht auch verschiedenen Functionen der Evertebratenlebern bilden kann. In den Evertebratenlebern sicher nachgewiesen sind das Glycogen, welches in ihnen aber nur unter gewissen Umständen angetroffen wird, das Cholesterin (Homarus, Astacus), das Taurin (Mollusken), reichliche Quantitäten fetten Oeles und die Enzyme. Bald ist, soviel sich gegenwärtig darüber aussagen läßt, die Leber die einzige acidogene wie enzymatische[1]) Drüse des Körpers; ihr saures oder alkalisches Secret enthält oft ein diastatisches, ein peptisches, ein tryptisches und vielleicht auch ein die Fette emulgirendes Enzym (Krebse). Bei Insecten (z. B. bei Periplaneta [Blatta] orientalis) finden wir außer den Analoga der Leber (Appendices hepaticae, Mitteldarmdrüsen) diastatisch wirkende Säfte secernirende Drüsen (wahre Spei-

---

[1]) Das Secret, welches ich (Vergl. physiol. Studien a. d. Küsten der Adria. I. Abth. S. 95) bei der Kamphervergiftung an Astacus schaumartig die Freßwerkzeuge umgeben sah, und welches auf diese Weise leicht in größerer Menge zu erhalten wäre, könnte sehr wohl das Product der von *Max Braun* (Arbeiten a. d. zool. Institut zu Würzburg. Bd. II, S. 141 u. Bd. III, S. 472) entdeckten Drüsen sein, die er als Speicheldrüsen bezeichnet. Es läßt sich vermuthen, daß diese Drüsen den Speicheldrüsen der Insecten analog sind, daß auch ihrem Secrete eine diastatische Wirkung auf Stärke zukommt.

cheldrüsen im functionellen Sinne), welche bekanntlich bei allen darauf untersuchten Mollusken stets vermißt wurden. Bei gewissen Mollusken (z. B. bei Eledone moschata) geschieht die Säurebildung — aber soviel wir wissen, nur diese — nicht oder wenigstens nicht ausschließlich in der Leber, sondern in einem separirten und histologisch davon verschiedenen Drüsengewebe; die Leber bleibt jedoch die einzige Enzymdrüse bei den Mollusken. Trotzdem die Leber aber bei vielen Wirbellosen nicht wie das Hepatopankreas der Fische oder wie die theilweise von einer acidogenen Drüse durchflochtene Leber[1]) bei Eledone eine grob anatomische Differenzirung zeigt, ist für die Lebern von Mollusken (*H. Meckel*[2]), *Leydig*[3]), *Lacaze-Duthiers*[4])) und Krebsen (*Rouget*[5]), *M. Weber*[6])) eine histologische nachgewiesen, indem die Enzym- und Farbstoffbildung — wie es gegenwärtig durch *M. Weber*'s eingehende Untersuchungen zwar nur von Krebsen sicher bekannt ist, wie es aber voraussichtlich wohl bei vielen Arten dieser Typen der Fall sein wird — in mikroskopisch unterscheidbaren Zellen erfolgen.

[1]) Cf. *Müller, H.* Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. IV. S. 343.

[2]) *Meckel, H.* Mikrographie einiger Drüsenapparate der niederen Thiere. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1846. S. 11 u. 12.

[3]) *Leydig, Fr.* Ueber Paludina vivipara. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. II. 1850. S. 169.

[4]) *de Lacaze-Duthiers, H.* Histoire anatomique et physiologique du Pleurobranche orange. Ann. d. scienc. nat. Zoologie. IV. Sér. T. XI. 1859. p. 199—302.

[5]) Vergl. *Longet, F. A.* Traité de physiologie. T. I. 1861. p. 921—922.

[6]) *Weber, M.* a. a. O. S. 385—457.

Tafel I.

Die Absorptionsspectren sind durch die Bezeichnungen auf der Tafel hinreichend erläutert.



Inhalt der dritten Abtheilung.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

Absorptionsspectren der alkoholischen Auszüge von Organen wirbelloser Thiere.

Lith. Anst. v. F. Wirtz Darmstadt
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung. Heidelberg.

VERGLEICHEND-PHYSIOLOGISCHE STUDIEN

AN DEN

KÜSTEN DER ADRIA.

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

VON

Dr. C. FR. W. KRUKENBERG.

VIERTE ABTHEILUNG.

NEBST ANATOMISCHEN MITTHEILUNGEN

VON

Graf B. HALLER IN WIEN. UND **Dr. E. BERGER** IN WIEN.

MIT VIER LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.



HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1881.

Beiträge

zur

Anatomie und Physiologie

von

Luvarus imperialis *Raf.*

(Ausonia Cuvieri *Risso*).

Einleitung.

Dank dem raschen und umsichtigen Handeln des gegenwärtigen Inspectors der k. k. zoologischen Station zu Triest, des Herrn Dr. *E. Græffe*, gelangten wir in den Besitz der anatomisch und physiologisch wichtigsten Organe eines großen, etwa 1 1/2 Meter langen Luvarus imperialis, — wie man wohl sagen darf, einer Seltenheit ersten Ranges; denn die verdienstvollsten Ichthyologen (*Lacepède*, *Cuvier* und *Valenciennes*, *Lucian Bonaparte* etc.) haben ihn nicht gesehen, und bei Zusammenstellung seines „Catalogue of the fishes" vermißte ihn auch *Günther* im brittischen Museum. Luvarus scheint nicht nur wie einige andere Fische eine sehr beschränkte Verbreitung zu besitzen, sondern tritt auch an den Punkten, wo man ihm wiederholt begegnete, wie z. B. in der Adria um Triest, nur äußerst selten auf.

Alles, was durch die Beschreibungen von *Raffinesque*, *Nardo*, *Risso*, *Canestrini* u. A. von Luvarus bekannt geworden ist, bezieht sich fast ausschließlich auf sein ganz grob anatomisches Verhalten, auf Merkmale, welche kaum ein anderes als ein rein systematisches Interesse beanspruchen werden[1]). Der anatomische Bau ist etwas eingehender nur in den Mittheilungen von *Trois* berücksichtigt, welche wir durch unsere Untersuchungen vervollständigen und theilweise auch ergänzen können. Mein ganz besonderer Dank dafür gebührt den beiden Herren, Graf *B. Haller*

[1]) Die von *Günther* mitgetheilte Charakteristik von Luvarus paßte sehr gut auch auf unser Exemplar, weshalb wir glauben, im Folgenden von der Speciesbeschreibung füglich Abstand nehmen zu dürfen.

und Dr. *E. Berger* in Wien, welche, um die uns möglichste Vollständigkeit zu erreichen und dem Ganzen den Zusammenhang nach Kräften zu wahren, die Mittheilungen der Ergebnisse ihrer anatomischen Untersuchungen an Luvarus bereitwilligst meiner Arbeit anschlossen.

Unser Exemplar war in der Gegend von San Barcola, in der unmittelbarsten Nähe der Küste getödtet und gelangte noch an demselben Tage nach Triest. Am Tage nach der Ankunft des Fisches in Triest erhielten wir den Kopf, die Eingeweide, das Caudalende und einen zwei Kilo schweren Querschnitt durch die mittlere Körperregion. Die einzelnen Stücke wurden auf dem Fischmarkte aus dem Thiere möglichst sorgfältig herausgelöst und in die zoologische Station geschafft, wo ich die Conservirung der Darmtheile für eine Prüfung auf ihren Enzymgehalt und die der rothen und meerblauen quergestreiften Muskeln, welche, völlig von einander gesondert, einer Untersuchung auf ihre näheren organischen Bestandtheile unterworfen werden konnten, sofort vornahm.

Zwar können auch wir, wie alle früheren Forscher, zu der Anatomie und Physiologie dieses so hoch interessanten Geschöpfes nur Fragmente liefern. Die immerhin ansehnliche Zahl der von uns bei diesem Fische gefundenen absonderlichen Eigenthümlichkeiten und der Umstand, daß vielleicht viele Decennien vergehen werden, bevor sich einem geübteren Forscher, besser situirt als wir waren, die Gelegenheit bieten wird, einen Luvarus imperialis lebensfrisch zu untersuchen, — mögen es rechtfertigen, daß wir selbst nur diese Bruchstücke statt einer vollständigen Monographie der Oeffentlichkeit übergeben.

Heidelberg, den 13. Dec. 1880.

Krukenberg.

I. Zur Anatomie und Histologie.

Von Graf **Béla Haller.**

(Hierzu Taf. I, II u. III.)

Muskulatur.

Bei keinem der mir bekannten Fische ist die Differenz in der Färbung der dunklen und hellen Muskeln so ausgesprochen wie gerade bei Luvarus imperialis. Die meergrünen und die dazwischen, resp. darüber liegenden rothen Muskeln stechen grell von einander ab (s. Taf. I und II).

Nur Lichia Amia dürfte in dieser Beziehung mit Luvarus verglichen werden, obgleich dort schon die rothe Muskulatur blasser ist, die helle aber in das Gelblichweiße spielt. Der dem Luvarus nahe stehende Thynnus zeigt dieses Verhalten nicht mehr so ausgesprochen, obgleich auch hier noch eine dunkel roth gefärbte und eine etwas hellere gleich gefärbte Muskulatur vorkommt.

Eine weitere Angabe über das Verhalten der Muskulatur bei anderen Scomberoïden ist mir zur Zeit freilich nicht möglich, und so muß ich mich bei Schilderung der Luvarus-Muskulatur lediglich an das Beschreibende halten ohne jeglichen Vergleich.

Daß dunklere und hellere Muskeln bei vielen Teleostiern sowohl als Selachiern (Mustelus, Acanthias u. A. m.) neben einander vorkommen ist seit lange bekannt, besonders bei Raja wurde ihr verschiedenes physiologisches Verhalten auch jüngst

von *Ranvier*[1]) näher studirt; bei diesen Fischen scheint aber, abweichend von dem Verhalten bei Luvarus, die überhaupt nur oberflächlich gelegene rothe Muskulatur in die helle überzugehen, wie dies übrigens auch bei Thynnus vulgaris der Fall sein dürfte. Viele Rochen haben nur hell gefärbte Muskeln.

Wir wollen jetzt zur speciellen Schilderung der Muskulatur resp. zum Verhalten der dunklen zu den hellen Muskeln übergehen und zwei Querschnitte genauer ins Auge fassen[2]).

Ein Querschnitt, der die zweite Rückenflosse und die Afterflosse getroffen hat (s. Taf. I), zeigt bei *A* den dorsalen Rumpfmuskel, bei *F* die Muskulatur des Bauches.

Zwischen dem Rumpfmuskel und den Bauchmuskeln sind jederseits zwei nach außen divergirende Querschnitte von rothen Muskeln sichtbar (*d d'*). Der durch diese Divergenz zwischen den Muskeln und der Haut gebildete Raum wird durch einen hellen Muskel (*n*) ausgefüllt[3]).

Außer den genannten rothen Muskeln finden sich noch auf der dorsalen wie ventralen Hälfte des Querschnittes feine rothe Muskeldurchschnitte (*e e'*). Sie liegen knapp unter der Haut. Auf der dorsalen Hälfte waren rechts vier, links fünf Bündel zu unterscheiden, während auf der ventralen rechts sechs, links sieben zu sehen waren. Die wechselnde Zahl der Bündel auf (einem Querschnitt) den verschiedenen Seiten sowohl, als auch die oberflächliche Lagerung dieser Muskelbündel läßt vermuthen,

---

1) *L. Ranvier*, Archives de physiologie. 1874. p. 5; Laboratoire d'histologie. Travaux de l'année 1874. p. 1—11; Traité technique d'histologie. Paris. 1875. p. 467.

2) Nur zwei Querschnitte und die Muskulatur der Schwanzflosse standen mir zur Verfügung.

3) Diesen subcutanen Muskel meint *Gegenbaur* offenbar auf S. 516 seiner Grundzüge der vergl. Anatomie (zweite Auflage) bei den Knochenfischen, obgleich die intensivere Färbung, die er für diesen angibt, in diesem Falle nicht passend ist.

daß wir es hier mit einer **rudimentären Hautmuskelschicht** zu thun haben.

Auf dem, dem Schwanze entnommenen Querschnitte (Taf. II, Fig. 6) sehen wir die **lateralen rothen Muskeln** *d d'* nach außen geschoben und die untere Portion der dorsalen wie die obere der ventralen Rumpfmuskeln nach oben und außen, resp. unten und außen halbmondförmig umgeben. Auch sind oben wie unten (*c c'*) jederseits ein rother Muskel sichtbar. Der dorsale rothe Muskel begrenzt die obere Portion des oberen Rumpfmuskels nach innen und oben, während der untere Muskel die untere Portion des unteren Rumpfmuskels nach innen und unten begrenzt. Der obere wie untere Muskel liegt — jener der Neurapophyse, dieser der Hæmapophyse — nach innen fest an. Die rothen Bündel, die auf dem vorigen Querschnitte (Taf. I) zu sehen waren, fehlen hier gänzlich.

Nach dieser Orientirung über die Lagerung der Muskeln zu einander mußte gefragt werden, wie sich diese Muskeln überhaupt zum Thiere verhalten, welche Function sie zu verrichten haben?

Diese Frage dürfte für die hellgefärbten Rumpfmuskeln leicht zu beantworten sein, desto schwieriger aber in Bezug auf die rothe Muskulatur, für welche letztere wir den Versuch erst nach Beschreibung der Schwanzflossenmuskulatur wagen dürfen.

Die oberen wie unteren Rumpfmuskeln verhalten sich ziemlich wie bei allen Teleostiern. Die einzelnen Bündel entspringen von sehnigen Blättern (ligg. intermuscularia) und inseriren an solche, mit Ausnahme der am meisten terminalwärts gelegenen, welche sich an eine obere resp. untere Sehne (*g g'*) festsetzen. Diese Sehne der einen Seite verwebt sich, unten wie oben, mit der der anderen Seite, und nur am Endtheil gehen beide Sehnen wieder auseinander. Hier vereinigt sich die obere und untere Sehne jederseits und bedecken die Schwanzflossenwurzel (Taf. II,

Fig. 7 x') und die auf ihr liegenden Muskeln und Sehnen. Diese durch die Vereinigung der oberen wie unteren Sehnen gebildete Aponeurose setzt sich auf den 7.—10. Flossenstrahl mit jederseits, oben wie unten, fünf Zacken fest.

Das Verhalten der oben erwähnten, der Seitenlinie parallel verlaufenden hellen Muskeln ist mir nicht klar geworden.

Außer diesen hellen Muskeln sollen noch die in Fig. 6, Taf. II und Taf. I mit *h* und *h'* bezeichneten erwähnt werden; sie bilden die Muskulatur der Rücken- und Bauchflossen, sowie die den Scomberoïden eigenthümlichen Bauch- und Rückenflösschen.

Die **seitlichen rothen Muskeln** (Taf. I, II, Fig. 6 u. 7, *d* und *d'*) mögen wohl, besonders vorn, mit den Sehnen der Querfortsätze zusammenhängen, aber wie es mir sehr wahrscheinlich ist, entspringen sie vom Schultergürtel und haben so Knochenursprünge[1]). Der Querschnitt zeigt nur Längsbündel. Anfangs, wie dies bereits gezeigt wurde, tiefliegend, treten sie am Schwanztheil nach außen, wo sie die großen Portionen der hellen Lateralmuskeln von außen halbmondförmig umsäumen. Hinten in der Gegend, wo die Sehnen der Rumpfmuskeln ihren Ursprung nehmen, gehen diese Muskeln, obere wie untere, in eine starke Sehne über. Kurz nachher vereinigt sich die Sehne des oberen mit der des unteren Muskels. Diese nun gemeinschaftliche starke Sehne (*r*) dient, wie wir sehen werden, verschiedenen Muskeln zum Ursprunge, und über ihr liegt die den Scomberoïden eigenthümliche Hautverdickung. Sie verwebt sich nach hinten in die breite Aponeurose der Flossenwurzel, derart aber, daß median eine Oeffnung sich erhält (s. Abb.).

---

[1]) Obgleich die vorderen Theile des Thieres mir nicht zur Verfügung standen, möchte ich dies um so mehr behaupten, als ich diese Muskeln bei Scomber vulgaris mit je einer feinen Sehne vom Schultergürtel entspringen sah. Auch sind diese Muskeln hier sehr stark.

Wo die **oberen** und **unteren rothen Muskeln** entspringen, ist mir aus den untersuchten Bruchstücken nicht ganz klar geworden; doch dürfte der Umstand, daß sie anfangs mächtig sind, nach hinten sich aber rapid verschmälern, wo sie mit einer äußerst dünnen Sehne am Grunde des dritten Flossenstrahles, oben und unten, festsitzen, vermuthen lassen, daß sie vorn nach Art der langen Rücken- und Halsmuskeln höherer Wirbelthiere entspringen und zwar an Neur- und Hæmapophysen, mit einzelnen Bündeln sich auch an solche inseriren. Daß sie nicht so weit nach vorn reichen wie die seitlichen rothen Muskeln, wurde schon erwähnt. Doch dürfte die oben ausgesprochene Vermuthung erst nach dem Studium anderer verwandter Formen eine feste Basis gewinnen.

Am Endtheil des Schwanzes und an der Schwanzflosse ist die Muskulatur eine complicirte und mit Ausnahme eines Muskelpaares jederseits, welche eine hellere Färbung zeigen, tief roth gefärbt; auf diese werde ich unten zurückkommen.

Vom vorderen Viertel des medianen Randes der inneren Zacken der oberen wie unteren Fascie entspringt je ein flacher Muskel, der **große Sehnenmuskel** (Taf. II, Fig. 7, *m*). Convergirend mit einander setzen sie sich am lateralen Rande der langen Sehne der lateralen rothen Muskeln fest.

Die **kleinen Sehnenmuskeln** (*n n'*) entspringen paarig auf jeder Körperhälfte, wie die vorigen, medianwärts vom Endtheil der Sehne der Rumpfmuskeln und setzen sich am hinteren Theil der lateralen Ränder der Sehne der rothen Lateralmuskeln fest.

Zwischen der Insertion der kleinen wie großen Sehnenmuskeln entspringt jederseits ein starker **Flossenwurzelmuskel** (*t*). Er begibt sich vorn, zwischen den medianen Rändern der oberen und unteren Fascie gelegen und von der langen Sehne der rothen Lateralmuskeln bedeckt, nach unten und hinten, wo er zwischen den langen Flossenspannern (*o o'*) liegt, mit einer starken Sehne zum Flossenwirbel. Er erscheint hier doppelt gefiedert.

Der beschriebene Muskel sowohl wie die nun folgenden liegen unter der langen großen Sehne und Aponeurose der Flossenwurzel; es müssen deshalb letztere abpräparirt werden, um diese Muskeln in Sicht zu bekommen.

Große Flossenspanner (*o o'*) sind jederseits zwei. Der obere wie untere entspringen mit je einem starken Kopfe vom vorderen Rande des vierten Wirbelkörpers (von hinten gezählt); der obere läuft in fünf, der untere in sechs Sehnen aus. Jede dieser Sehnen erhält noch eine Muskelportion, welche Portionen von den lateralen Flächen der zwei vorletzten Wirbelkörper nach Art der Blätter eines Buches entspringen. Der obere große Spanner inserirt mit seinen fünf Sehnen am Wurzeltheil des 8., 9., 10., 11. und 12. Flossenstrahles, während der untere an gleicher Stelle des unteren 7., 8., 9., 10., 11. und 12. Strahles sich festsetzt. Es zeigt dieser Muskel eine etwas hellere Färbung als die übrigen rothen Muskeln (s. Abb.).

Der **kleine Flossenspanner** ist jederseits ein oberer und unterer. Der obere entspringt (Fig. 8, *h*) am Rande der Ansatzstelle der Sehne des Flossenwurzelmuskels vom letzten Wirbel (Flossenwirbel) mit drei Köpfen, deren lange und feine Sehnen sich auf dem 7., 8. und 9. Strahl befestigen. Der Muskel bedeckt die Sehnen des oberen großen Spanners.

Der untere kleine Flossenspanner entspringt theils vom Flossenwirbel, theils aber auch noch vom Körper des voranstehenden Wirbels. Er inserirt mit den fünf Köpfen entsprechender Sehnenzahl am 6., 7., 8., 9., 10. und 11. Strahl. Dieser Muskel liegt unter den Sehnen des unteren großen Spanners.

Am oberen 9., sowie unteren 8., 9., 10. und 11. Flossenstrahl setzen sich also je zwei Sehnen fest, wovon die sich oben inserirenden dem großen, die unter diesen liegenden dem kleinen Spanner angehören. Nur am oberen 9. Strahl ist dies Verhältniß umgekehrt.

Außer den beschriebenen Muskeln finden sich noch kleine, je zwischen zwei Strahlen liegende Bündel vor, die **Zusammenzieher der Strahlen.** Diese sind aber in ihrem Vorkommen auf die beweglichen (in einer Richtung mit der Längsaxe des Körpers) Strahlen beschränkt (Taf. II, Fig. 8).

Die hellen meerblauen Muskeln unterscheiden sich histologisch von den dunklen rothen. — Die Elemente der rothen Muskeln sind sehr fein quergestreift und besitzen eine Länge von 12,5—14,5 mm., während ihre Breite von 0,05—0,08 mm. schwankt. Die Muskelfasern besitzen viele, verschieden große Kerne. Anders die Elemente der hellen Muskeln, deren Länge 10—24,5 mm. und deren Breite 0,1 mm. beträgt. Die Querstreifung ist nicht so fein, wie bei den rothen Muskeln; auch sind die Kerne sehr spärlich und klein[1]).

Verdauungsapparat.

Am Vorderdarm können nach der äußeren Gestalt zwei Abschnitte unterschieden werden. Ein weiterer, der von vorn nach hinten allmälig mächtiger wird (Taf. III, Fig. 1, *B*), um schließlich, sich wieder verjüngend, in den zweiten schmaleren Abschnitt (*C*) überzugehen, welch letzterer am Pylorialtheil nach oben eine Aussackung (*t*) bildet. Die Breite dieses zweiten Abschnittes beträgt etwa nur ein Viertel der größten Breite des oberen Abschnittes.

[1]) Ein verschiedenes histologisches Verhalten der rothen und blassen quergestreiften Muskelfasern wurde schon von *Ranvier* (De quelques faits relatifs à l'histologie et à physiologie des muscles striés. Laboratoire d'histologie. Travaux de l'année 1874. p. 1—11) bei Rochen beobachtet. Bei diesen zeigen nach *Ranvier*'s Angabe die Primitivbündel der rothen Muskeln sehr viele, in longitudinal verlaufenden Reihen gelagerte Kerne, während diese in den Bündeln der weißen Muskeln weniger zahlreich und zerstreut liegen. Bei den Rochen sind ferner auch die rothen Muskelbündel, deren Querdurchmesser von 0,060—0,090 mm. wechselt, viel zarter als die weißen, welche 0,150—0,180 mm. im Querschnitt messen.

Die Gesammtlänge des Vorderdarmes von der letzten Kiemenspalte bis zur Valvula pylori betrug 93,5 dm.

Pylorikalanhänge waren vier ungleich große vorhanden[1]), und der Mitteldarm, dessen Länge 16 m. betrug (etwa das Zehnfache der Gesammtlänge des Thieres) war zufolge dieser enormen Länge in viele Schlingen gelegt. Die Breite des Mitteldarmes war größer als die des schmalen Vorderdarmabschnittes. Vom Enddarm, der, wie es scheint, nur eine sehr geringe Länge besitzt, war nur ein kurzes Stück vorhanden, welches breiter war als der Mitteldarm.

Die Leber war mittelgroß und besaß zwei starke Gallengänge. Der rechte Gallengang war kurz und trat ungetheilt in die Leber ein, während der linke sich noch zuvor vielfach verästelte. Beide Gallengänge vereinigten sich zu einem weiteren Abschnitte, so jedoch, daß der Ductus cysticus auch knapp hier hinzutritt. Letzterer war sehr kurz und die große Gallenblase saß ihm wie eine Beere auf. Der Ductus choledochus war mäßig lang (Taf. III, Fig. 1, *s*).

Ein conglomerirtes Pankreas fehlt gänzlich, und auch disseminirte Pankreasdrüschen wurden vermißt. Im Vorder- wie Mitteldarm befanden sich halbverdaute Reste von Quallen.

Nach dem Verhalten der Schleimhaut resp. ihrer Erhebung läßt sich der Vorderdarm in drei Abschnitte sondern.

Eine kurze Strecke hindurch, etwa bis zur Herzgegend, ist die Schleimhaut in hohe und breite Längsfalten gelegt (ähnlich wie bei den meisten Teleostiern), welche in zottenartige Erhebungen endigen. Von hier an ist der weite Abschnitt des

[1]) *Trois* (Richerche zootomiche e istologiche sul Luvarus imperialis. Estr. dal Vol. XX, Memorie dell'Instituto stesso. Venezia. 1877.) in Venedig, der freilich auch nur Bruchstücke aus der Anatomie dieses interessanten Fisches mittheilt, gibt an dem von ihm untersuchten Exemplare fünf Pylorikalanhänge an, wovon eins größer und vier gleichgroß aber kleiner waren.

Vorderdarmes mit verschieden großen Zotten besetzt. Zwischen hohen Zotten findet man viele kleinere, ungleich große eingestreut.

Die Zotten der oberen Gegend sind in ihrer Mitte oder gegen die Spitze zu mit kleinen Nebenzotten besetzt und verästelt. Diesen Charakter verlieren sie nach der unteren Gegend zu allmälig, wo man die mächtigsten Zotten, 1,5 Zoll hoch (Taf. III, Fig. 2, zwischen *n n'*) findet. Noch weiter unten nehmen die Zotten wieder an Mächtigkeit ab, und die letzten sind wieder ähnlich denen der obersten Region verästelt und gehen abgeplattet in die Längsfalten des dünnen Abschnittes über. Im dünnen Abschnitte des Mitteldarmes sind die Längsfalten äußerst fein und hängen durch Verbindungsfalten zusammen.

An der Valvula pylori gehen diese Falten in die hohen gekräuselten Falten des Mitteldarmes über. Dadurch, daß zwischen den Längsfalten des Mitteldarmes Querfalten von gleicher Mächtigkeit auftreten, macht die Schleimhaut den Eindruck eines groben Netzwerkes. Ganz ähnlich verhält sich die Schleimhaut in den Pyloricalanhängen (Taf. III, Fig. 2).

Schließlich soll hier noch über die Histologie der Vorderdarmwand Einiges gesagt werden; nebenbei sei freilich noch bemerkt, daß die Epithelien durch unvorsichtiges Behandeln verloren gingen, und so über dieselben hier nichts angegeben werden kann.

Macht man einen Längs- oder Querschnitt von einer Zotte des Vorderdarmes, so ist schon mit bloßem Auge eine äußere Corticalschicht von dem inneren Gewebe scharf geschieden (Taf. III, Fig. 5). Mit Lupenvergrößerung kann man an der Corticalschicht eine äußere gestreifte und eine innere dunklere Zone unterscheiden. Das Ganze ist der Ausdruck der Labdrüsenanordnung, welche Drüsen die ganze Zotte scheidenförmig umgeben; dadurch, daß viele der Drüsenenden nach außen umbiegen, entsteht die dunklere Zone der Corticalschicht.

Die Labdrüsen sind, wie aus dem Gesagten einleuchtet, äußerst zahlreich vorhanden und, indem sie nicht nur auf den Zotten, sondern selbst zwischen den Zotten, wenn auch nur spärlich, vorkommen, bedecken sie die ganze innere Fläche der Schleimhaut. Sie finden sich aber **nur an dem mit Zotten bedeckten Abschnitte** und gehen sowohl dem oberhalb dieses gelegenen als auch dem unteren engen Abschnitte des Vorderdarmes gänzlich ab.

Die einzelnen Drüsenschläuche sind in den großen Zotten parallel nebeneinander gelagert und zwar meistens sehr eng (Taf. III, Fig. 6). Nur in den kleinen Zotten sowie an den Nebenzotten des Anfangs- und Endtheiles des weiten Abschnittes wird die Anordnung insofern eine andere, als die Drüsenschläuche etwas auseinanderweichen und die ganze Zotte erfüllen (Taf. III, Fig. 3).

Die Länge der einzelnen tubulösen Drüsen variirt zwischen 7—12,5 mm. Zwischen langen Schläuchen kommen seltner auch ganz kurze vor, doch prävalirt in der unteren wie mittleren Region der großen Zotten die Zahl der längeren Schläuche, während an der Spitze nur kürzere zu treffen sind.

Die einzelnen Schläuche selbst sind von **einer äußerst dünnen Membrana propria umgeben**[1]. Ein Schaltstück[2] war nicht vorhanden, sondern die ganze Drüse war tapezirt von ganz gleichförmigen polyedrischen, meist sechseckigen Zellen (Taf. III, Fig. 7). Diese Zellen sind membranlos, besitzen ein granulirtes gelbbraunes Protoplasma, ohne Fortsatz nach außen

---

[1]) Ich muß dies *Edinger* (Ueber die Schleimhaut des Fischdarmes. Archiv für mikroskop. Anatomie. Bd. XIII, S. 17) gegenüber betonen, der den Labdrüsen der Fische die Membrana propria abspricht, während sie *F. E. Schultze* (Epithel- und Drüsenzellen. 2. Th. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. III) ganz richtig erkannt hat.

[2]) *Edinger* gibt ein solches für die Selachier an. L. c. S. 20.

zu, welchen sie nach *Edinger*[1]) bei Fischen zeigen sollen. Sie besitzen einen großen Kern und ein, seltner zwei hellglänzende Kernkörperchen. Zellen mit zwei Kernen *(Edinger)* konnte ich nicht auffinden. Die Zellenlage ist einschichtig und die Drüsen besitzen ein Lumen. —

Bei Luvarus tritt uns also, wie bei den anderen Vertebraten, wo Labdrüsen überhaupt vorkommen, eine Flächenvergrößerung der Schleimhaut des Vorderdarmes auf, **während jedoch in den bekannten Fällen die Vergrößerung durch Einstülpung der Schleimhaut erzeugt wird (Stomach cells), wird sie hier durch zottenförmige Erhebungen bewirkt**[2]).

Die zwischen den Schläuchen sich befindenden Räume wie die Zotten überhaupt werden ausgefüllt von einem **eigenthümlichen** Bindegewebe, welches durch lange spindelförmige Zellen gebildet wird, zwischen denen nur spärlich hellglänzende elastische Fasern vorkommen (Taf. III, Fig. 6). Bindegewebsfasern kommen nicht vor, und das Ganze trägt den Charakter des embryonalen Gewebes.

Man kann an der Darmwand des mit Zotten bedeckten Abschnittes zwei Muskelschichten unterscheiden. Eine innere Längsfaserschicht (*b*) und eine äußere in zerstreute Bündel geordnete Querfaserschicht (Taf. III, Fig. 3, *a*). Die zwei Schichten liegen im oberen Abschnitte weit auseinander, nähern sich jedoch nach unten immer mehr.

Die Elemente beider Schichten sind quergestreift[3]). Man findet Elemente mit feinerer und gröberer Querstreifung; Kerne sind in ihnen nicht vorhanden.

---

[1]) L. c. S. 28.

[2]) *Trois* beschreibt zwar die Zotten auch, so viel ich mich jedoch erinnere, gibt er über die Structur derselben nichts an.

[3]) *Trois* scheint diese Elemente gesehen zu haben, wenigstens gibt er eine grobe Zeichnung einer Faser.

Die Dicke der Längsschicht beträgt 10 mm., die der äußeren Querfaserschicht sammt dem zwischenliegenden Bindegewebe 10,5 mm. — Das Bindegewebe zwischen den Muskelbündeln zeigt die Spindelzellen spärlicher; elastische Fasern fehlen, und Züge von Bindegewebsfasern treten auf.

Die Muskulatur des engen unteren Abschnittes des Vorderdarmes zeigt die Schichten nicht mehr gesondert, sondern zwischen der prävalirenden Längsfaserschicht sieht man quer verlaufende Muskelbündel eingestreut. Selbst die Muscularis mucosae schwindet, indem **die Nervea fehlt und die Schleimhaut fast nur von elastischen Fasern gebildet wird** (Taf. III, Fig. 4). **Die Muskulatur dieses Abschnittes ist glatt** und besitzt eine Dicke von 18 mm.

Die Maschen der Capillaren zwischen den Drüsenschläuchen sind sehr fein, und die aufsteigenden Aeste laufen der Axe derselben parallel.

Die größeren Gefäße sind, 4—6 an der Zahl, in den großen Zotten unregelmäßig vertheilt.

Nach unten am Basaltheil der Zotten nimmt die Schleimhaut insofern einen anderen Charakter an, als die elastischen Fasern zahlreicher auftreten, zwischen welchen feine Fasern der Muscularis zu sehen sind. Die Muskeln sind glatt. Etwas oberhalb der 3,5 mm. dicken Muscularis mucosae findet man die Muskelfasern mit den ihnen anliegenden elastischen Fasern sowohl parallel zu der Längsaxe des Darmrohres, als auch dieselbe kreuzend. Die Muskelfasern erstrecken sich nur kurze Strecken weit in die Zottenwurzeln hin fort.

Auch der zu vielen Bündeln angeordneten Muscularis, zwischen welchen Bündeln wieder die oben beschriebenen langen Bindegewebszellen liegen, folgt die 1,1 mm. dicke Nervea. Sie wird von denselben Spindelzellen gebildet und beherbergt viele Gefäße. Auch begegnet man manchmal großen Zellen mit mattem Kern (Taf. III, Fig. 3, y).

Gehirn.

Das Hirn des Luvarus bietet nur wenig Aehnlichkeiten mit dem anderer Scomberoïde; am meisten läßt es sich noch vergleichen mit dem Hirne von Xiphias.

Das Stirnhirn (secund. Vorderhirn) ist sehr klein im Verhältniß zu den mächtig entwickelten Lobi centrales; von oben betrachtet mehr breit als lang.

Nach hinten schließen sich die Lobi nicht fest aneinander, wodurch das durch den hinteren Rand dieser Lobi einerseits, durch die vorderen Ränder der Lobi centrales andererseits bedingte Viereck sehr erweitert erscheint (Taf. II, Fig. 1). An der oberen Fläche dieses Abschnittes sind keine Abdrücke zu sehen. Von der Seite betrachtet, verschmälert sich das Vorderhirn nach unten und zeigt am vorderen Rand drei seichte Einkerbungen (Fig. 1 und 2).

Am Sagittalschnitte ist die Commissur zwischen den Lobi des Vorderhirns als stark entwickelt zu sehen.

Die sich nach unten an das Stirnhirn anlegenden Lobi olfactorii sind schmal und lang, und gehen ohne scharfe äußere Abgrenzung in die Nerven über. Bulbi olfactorii nach Art der Cyprinoïden, Siluroïden u. A. m. kommen hier nicht vor, so daß die dem Stirnhirn angelagerte Verdickung des Olfactorius eigentlich auch bei Luvarus lobus plus bulbus olfactorius repräsentirt[1]).

Die Lobi centrales sind mächtig entwickelt, mächtiger als bei sonst einer Form dieser Familie, und stehen so in geradem

[1]) Dieser Mangel eines peripheren bulbus olfactorius scheint bei den Scomberoïden allgemein zu sein; wenigstens fand ich es nicht bei Scomber und Naucrates. Ebenso vermißt den bulbus olfactorius *Arsaky* (De piscium cerebro et medulla spinali. Lipsiae. 1836. Taf. I, Fig. 5 u. 6.) bei Xiphias.

Verhältniß zu den großen Augen[1]) (vergl. darüber den Beitrag *Berger*'s). Die Lobi sind fast rund, seitlich nicht comprimirt, sondern nach hinten und unten aufgetrieben, so daß dadurch der Nervus oculomotorius nach unten und vorn zu liegen kommt (Taf. II, Fig. 1, 2, 3).

Auf Querschnitten zeigt es sich, daß der Cortex lobi centrales *(G. Fritsch)* vorn dünn, nach hinten aber immer dicker wird (Fig. 4). Vorn schließen sich auch die Ränder der Lobi nicht fest aneinander und sind von oben und median etwas eingedrückt, was hier durch die geringe Dicke des Cortex bedingt wird.

Die Nervi optici sind sehr stark entwickelt, das Chiasma legt sich an die hier gleichfalls stark entwickelte Hypophyse fest an. Letztere zeigt sich, von der Seite betrachtet, viereckig abgestumpft, nach unten breiter als nach oben. Die untere Fläche ist ebenfalls abgestumpft viereckig und nach vorn zu schmäler (Fig. 3). Das Infundibulum ist kurz, die vordere Wand dünner als die hintere. Die Lobi inferiores (corpora candicantia) sind im Verhältniß zur Hypophyse nicht stark entwickelt und sind durch letztere von vorn nach hinten zusammengedrückt (Fig. 3).

Ein Saccus vasculosus fehlt. —

Betrachten wir die in den Lobi centrales gelegenen Gebilde, deren Deutung so mannigfach und oft so seltsam ausgefallen ist, nachdem die Lobi von oben geöffnet sind, so erinnert das ganze Verhalten an Salmo Trutta, wie dies *Gotsche* (l. c. Taf. VI, Fig. 38) abbildet, freilich mit einigen Unterschieden.

Medianwärts liegen zwei größere obere und zwei kleinere untere Ganglien (*Gotsche*'s Vierhügel, Valvula cerebelli *Stieda*

---

[1]) *C. M. Gotsche* (Vergl. Anatomie des Gehirns der Grätenfische. Archiv für anat. Physiologie und wissenschaftl. Medicin. Jahrg. 1835. S. 262) war der erste, der auf dies Verhältniß der Lobi centrales zu den Augen bei den Knochenfischen aufmerksam machte.

und *Fritsch*). Zwischen den Ganglien der beiden Seiten liegt ein Verbindungsstück (Fig. 5). Auf dem Längsschnitte zeigen sich deutlich die Faltungen (des Mittelhirndaches), wodurch diese Gebilde bedingt werden.

Der Fornix (torus longitudinalis) ist stark entwickelt und reicht weit nach hinten (Fig. 4).

Lateralwärts kommen die zwei halbmondförmigen tori semicirculares[1]) stark entwickelt vor. Sie zeigen dieselbe Form, wie sie *Gotsche* für so viele andere Teleostier beschrieben hat, d. h. sie verjüngen sich nach hinten und sind nach innen concav (Fig. 5).

Zwischen den tori semicirculares und den Vierhügeln *Gotsche*'s kommen zwei kleine Ganglien vor.

Die sogenannten Kranzfasern waren stark entwickelt.

Das Hinterhirn ist bei verschiedenen Scomberoïden nach zwei Richtungen verschieden entwickelt. Im einen Falle ist der vordere Lappen stark ausgebildet und deckt theilweise die Lobi centrales. Außer der Transversalfurche, die den vorderen Lappen vom hinteren abgrenzt, kommen noch auf der oberen Fläche des Hinterhirns schwache Querfurchen zum Vorschein, und es ist der Hinterlappen alsdann nur schwach entwickelt (Scomber vulgaris, Thynnus vulgaris)[2]). Im anderen Falle ist vom vorderen Lappen nur eine leise Andeutung vorhanden, während der hintere Lappen zu einem mächtigen Abschnitte ausgebildet ist (Luvarus, Xiphias)[3]).

---

[1]) Da *G. Fritsch* (Ueber den feineren Bau des Fischhirns. Berlin. 1878) den Beweis führt, daß dieses Gebilde kein Homologon in dem Hirne höherer Vertebraten besitzt, so halte ich mich für um so mehr berechtigt, eine eigene Bezeichnung dafür zu acceptiren und bediene mich der schon von *A. von Haller* gebrauchten Benennung tori semicirculares.

[2]) Für Scomber Thynnus (also Thynnus vulgaris) gibt dies Verhalten *Cuvier* (Hist. nat. des poissons. Tome I, p. 422) an.

[3]) Vergl. *Arsaky*, a. a. O. Taf. I, Fig. 5 und S. 16—17.

Der hintere Lappen des Hinterhirns ist bei Luvarus nach hinten und oben stark erhoben, ganz compàct, indem der vordere mit dem Mittelhirndache verbundene Schenkel, mit dem hinteren in die Corpora restiformia übergehenden nach Art der meisten Teleostier verschmolzen ist; selbst die Dachhöhle — noch bei Scomber scomber[1]) erhalten — ist, obgleich sie mit der Bodenhöhle nicht mehr communicirt, ausgefüllt.

Die Rautengrube ist klein und wird fast ganz von den lateralwärts nicht bedeutend vorspringenden Corpora restiformia bedeckt.

Von Nervenganglien sind nur ein Paar, aber äußerlich auch nur angedeutet, vorhanden[2]).

---

[1]) Vergl. v. *Miclucho-Maclay:* Das Mittelhirn der Teleostier. S. 69 und Taf. I, Fig. 10, *A* und *B*.

[2]) Bei Scomber vulgaris kommen zwei Paar stark entwickelt vor.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I.

Querschnitt durch den Körper in der Gegend der Afterflosse.

A oberer Rumpfmuskel,
F Bauchmuskel,
n subcutaner Lateralmuskel,
ee' rudimentärer Hautmuskel,
h Muskeln der Flosse.

Taf. II.

Fig. 1, 2 u. 3. Hirn von oben, von der Seite und unten.

n. olf. = nervus olfactorius,
n. op. = nervus opticus,
nt. = nervus trigeminus,
n. ac. = nervus acusticus,
v. = nervus vagus,
hh. = Hinterhirn.

Fig. 4. Sagittalschnitt durch das Hirn.
ca. = commissura anterior,
c. l. = cortex lobi centrales,
f. = fornix,
m. = Mittelhirn,
c. rf. = corpus restiforme.

Fig. 5. Lobus centralis von oben geöffnet.
t. = tori semicirculares,
v. st. = Verbindungsstück zwischen den Mittelhirnganglien (Valvula?) *r r'* und *x x'*.

Fig. 6. Querschnitt durch den Schwanz.
A = oberer Rumpfmuskel,
B = unterer „
d = oberer rother Seitenmuskel,
d' = unterer „ „
c = oberer rother Muskel,
c' = unterer „ „
h h' = Muskeln der Flossen.

Fig. 7. Die Muskulatur des Schwanzendes. Die lange Sehne *r* der rothen Seitenmuskeln *d d'* ist etwas nach oben geschoben, so daß der darunter liegende Flossenwurzelmuskel *t* zur Sicht kommt.
m = unterer großer Zwischensehnenmuskel,
n = oberer kleiner Zwischensehnenmuskel,
n' = unterer „ „

Fig. 8. Muskulatur der Schwanzflosse.
c = oberer rother Muskel,
c' = unterer „ „
t = Flossenwurzelmuskel,
o = oberer großer Flossenspanner,
o' = unterer „ „
h = oberer kleiner Flossenspanner,
h' = unterer „ „
y = Interradialmuskel.

Taf. III.

Fig. 1. Vorderdarm und ein kleines Stück des Mitteldarmes (*ma*) sammt Leber (*n*), Niere und Schwimmblasenrudiment (h).
B = erweiterter Abschnitt des Vorderdarmes,
C = dünnerer „ „ „

Fig. 2. Mitteldarm geöffnet.

a = oberster Abschnitt,
b = unterer Abschnitt,
nn' = Gegend der größten Zotten,
C = dünner Abschnitt des Vorderdarmes mit der oberen Auszackung (t).
x = valvula pylori.

Fig. 3. Schnitt durch den erweiterten Vorderdarmabschnitt aus der oberen Gegend (*Reichert* $^2/_4$).

1. Schleimhaut.
   f = Labdrüsen in der kleinen Zotte T,
   g = elastische Fasern,
   e = Bindegewebe.
2. Muscularis mucosae.
3. Nervea.
4. Innere Querfaserschicht.
5. Quere Längsfaserschicht.

Fig. 4. Schnitt durch den dünnen Abschnitt des Vorderdarmes.

a = Schleimhaut mit vielen elast. Fasern,
b = Muskelschicht.

Fig. 5. Längs- und Querschnitt durch eine große Zotte aus der Gegend nn', Fig. 2.

Fig. 6. Querschnitt aus dem Randtheil einer Zotte (*Reichert* $^3/_6$).

Fig. 7. Labzellen (*Reichert* $^3/_8$).

II. Das Auge.

Von Dr. **E. Berger** in Wien.

(Hierzu Taf. IV.)

Die große Seltenheit von Luvarus und der Umstand, daß über den Bau des Auges desselben keinerlei Mittheilungen vorliegen, mögen es entschuldigen, wenn ich die Fragmente einer anatomischen Beschreibung des letzteren mittheile. Die Gelegenheit zu dieser Untersuchung verdanke ich der Freundlichkeit des Herrn Dr. *Eduard Gräffe*, Inspector der k. k. Zoologischen Station in Triest, welcher ein Auge von Luvarus imperialis mir zu überlassen die Güte hatte.

Die Form des Auges von Luvarus ist gegeben durch die Hälfte eines Rotationsellipsoïdes mit quer gestellter großer Axe, welches nach vorn von einer nur schwach gekrümmten, nach vorn convexen Fläche (Cornea und vorderer Scleraltheil) begrenzt wird. Der Durchmesser des Auges beträgt in der Richtung von rechts nach links $6^3/_4$ cm., der verticale $5^1/_2$ cm., der sagittale $4^1/_2$ cm. Der letztere Durchmesser ist mithin der kürzeste. Hautfalten, wie sie nahe dem Rande der Cornea bei einigen Knochenfischen vorkommen, vermisse ich bei Luvarus.

Die vordere Kammer ist sehr enge. Die Pupille groß, rund. Ciliarfortsätze fehlen. Die Linse ist, wie bei allen Fischen, nahezu kugelförmig. Die Hornhaut ist am Rande etwas dicker als in der Mitte, jedoch nicht in dem Grade, wie dies bei anderen Knochenfischen der Fall ist. Dem verdickten Theile des Hornhautrandes entspricht eine Verdickung des vorderen Randes der Sclerotica. Letztere nimmt nach hinten beträchtlich an Dicke ab; im hinteren Drittel des Auges wächst dieselbe wieder. Diese

Erscheinung wird herbeigeführt durch die Formveränderung des in die Sclerotica eingelagerten Knorpels, während die fibröse Bekleidung des Knorpels daran keinen Antheil hat. Im vorderen verdickten Theile der Sclerotica tritt an Stelle des Knorpels spongiöser Knochen, dessen Markräume mit zahlreichen Fettzellen erfüllt sind.

Die Gestalt der Knorpelzellen ist eine längliche, spindelförmige. Dieselben besitzen lange, in's Parenchym des Knorpels hineinreichende Fortsätze. Es scheint mir nicht uninteressant, hervorzuheben, daß die Anordnung der Knorpelzellen im Scleralknorpel von Luvarus eine gewisse Gesetzmäßigkeit erkennen läßt. An dem Querschnitte dieses Knorpels (Fig. 1) lassen sich drei Zonen unterscheiden. In der schmalen äußeren Zone (*a z*) sind die Knorpelzellen mit ihren Längsaxen der Oberfläche des Scleroticalknorpels parallel gerichtet; in der den größten Theil des letzteren einnehmenden mittleren Zone ist ihre Richtung senkrecht auf die Oberfläche des Knorpels. Die innere Zone (*i z*) enthält keine Knorpelzellen. Erwähnen will ich nur, daß vereinzelte Knorpelzellen in der mittleren Zone eine von der radiären abweichende Richtung haben. Ich werde an anderer Stelle des Weiteren auseinandersetzen, daß ein ähnlicher Bau dem Scleralknorpel vieler Knochen- und Knorpelfische zukommt, bei welchen auch die innere Zone mit der Oberfläche des Knorpels parallel gerichtete Zellen enthält, während bei Luvarus an dieser Stelle nur vereinzelte derart gelagerte Knorpelzellen vorkommen.

Nach vorn ist der äußere Rand der Iris durch lockeres Bindegewebe (ligamentum Iridis pectinatum) mit dem Corneo-Scleralrande verwachsen. Der Pupillarrand ist scharf zugespitzt. Vom vorderen Rande der Sclera sieht man ein straffes bindegewebiges Band nach rückwärts zur Außenseite der Chorioidea ziehen (ligamentum ciliare). Im hinteren Augenraume ist rings

um den Sehnerven in die Chorioidea die mächtig entwickelte, im Querschnitte 8 mm. dicke Chorioidaldrüse eingelagert.

An einem Querschnitte läßt die Iris eine Anzahl von Schichten erkennen. Nach vorn liegt eine bindegewebige Membran mit parallel zur Oberfläche laufenden Fasern. (Das vordere Plattenepithel der Iris dürfte durch Maceration abgelöst worden sein.) In dieser Membran finden sich spärliche Pigmentzellen eingelagert, welche gegen den Innenrand der Iris zahlreicher werden. Wenn man mit einer Pincette diese bindegewebige Membran ablöst, kommt eine silberhell glänzende Schicht zum Vorschein. Im Querschnitt kann man die Lage dieser Schicht leicht daran erkennen, daß sie unter dem Mikroskope im auffallenden Lichte als sehr hell (stark Licht reflectirend) sich erweist. Sie besteht aus kleinen stäbchenförmigen Körpern (Fig. 2, *a*), die, neben einander gelagert, zu Platten (*b*) angeordnet sind, welche die Form einer Plattenepithelzelle besitzen. Eine solche Stäbchenplatte, wie ich sie nennen will, ist mit ihrer Längsrichtung parallel gestreift. Die Stäbchen sind sehr stark lichtbrechend. Im durchfallenden Lichte kann man an denselben unter dem Mikroskope schöne Regenbogenfarben wahrnehmen. Letztere Farbenerscheinung dürfte sich wohl auf dieselbe Weise, wie die Farben dünner Plättchen, also durch Interferenz erklären lassen. Hinter diesem Iristapete liegt eine Schicht von dicht aneinander gelagerten Pigmentzellen. Hierauf folgt das eigentliche Parenchym der Iris, enthaltend das bindegewebige Stroma, die Gefäße derselben und die Muskulatur (organische Muskelfasern), von welcher namentlich der Sphincter Pupillae stark entwickelt ist. Nach hinten wird die Iris durch eine glashelle Membran abgegrenzt. Eine radiäre Faserung, wie sie die hintere Begrenzungshaut der menschlichen Iris zeigt[1]), konnte ich an derselben nicht nachweisen. Die

---

[1]) *Henle*, Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen. 1866. 2. Bd. p. 634.

innere Oberfläche der Iris wird von einer Pigmentschicht eingenommen.

Die Chorioidea von Luvarus zeigt dieselben Schichten wie bei den übrigen Teleostiern. Die Chorioidaldrüse erhält ihre Gefäße aus dem mittleren Theile des Auges. An Querschnitten durch den hinteren Theil des Auges sieht man parallel der Oberfläche des Auges große Gefäßstämme nach rückwärts ziehen. Dieselben theilen sich mehrfach dichotomisch, verlaufen nach jeder solchen Theilung ein Stück der Oberfläche parallel weiter, um sich dann abermals zu theilen. Durch diese Art der Theilung wird bewirkt, daß die Verdickung, welche die Chorioidea durch Einlagerung der Chorioidaldrüse in dieselbe erfährt, nur allmälig zu Stande kommt.

Wenn man die Tunica elastica sammt den Gefäßhäuten der Chorioidea abtrennt, erscheint das silberhell glänzende Aderhauttapet. Es bedeckt dasselbe den ganzen Augenhintergrund und reicht nach vorn bis zum ligamentum ciliare. Eine ähnliche ungemein starke Entwicklung des Aderhauttapetes fand *E. Brücke*[1]) bei Pomatomus telescopium, einem Fische, der, ebenso wie Luvarus, die Tiefen des Meeres nicht verläßt. *Brücke* erwähnt, daß sämmtliche anderen Knochenfische ein bedeutend geringer entwickeltes Tapetum besitzen. Erwähnen will ich noch, daß das Tapet der Aderhaut aus denselben Elementen (Fig. 3), wie ich sie von der Iris beschrieben habe, besteht. Auch hier konnte ich an den stabförmigen Gebilden, die unter dem Namen „kristallinische" und „irisirende Plättchen"[2]) bekannt sind, sehr schön dieselben Farbenerscheinungen wie an dem Iristapet wahrnehmen.

Man könnte durch den Umstand, daß das Aderhauttapet gerade bei den Tiefseebewohnern in so hohem Grade entwickelt

---

[1]) *Brücke*, Anatom. Untersuchungen über die sog. leuchtenden Augen bei den Wirbelthieren. *Müller*'s Archiv. 1845. p. 405.

[2]) *Claus*, Grundzüge der Zoologie. 1876. p. 879.

ist, sich zu der Ansicht verleitet fühlen, es trage dasselbe zur Besserung des Sehvermögens bei. Je mehr von dem ins Auge einfallenden Lichte zur Erregung der musivischen Schicht verwendet wird, unter desto günstigeren Verhältnissen befindet sich ein Auge. *Helmholtz*[1]) erwähnt, daß in dieser Hinsicht diejenigen Thiere, welche „statt der Schicht schwarzer Pigmentzellen auf der Aderhaut eine stark reflectirende Fläche haben", sich im Vortheile befinden. Er führt an, daß das Licht sowohl beim Einfallen als auch bei der Reflexion im Stäbchen eine Erregung bewirkt, ferner daß bei der Reflexion die Strahlen in dieselben oder höchstens benachbarte Stäbchen gelangen, daher das Licht nur in geringem Grade diffundirt wird. Trotzdem nicht abzusprechen ist, daß dem Tapet eine hohe Bedeutung für das Sehvermögen zukommt, glaube ich doch nicht, daß dies bei Luvarus der Fall ist. Bedenkt man, daß die Chorioidaldrüse ein parenchymatöses Organ von der Dicke von 8 mm. ist, und daß dieselbe mit den von vorn zu derselben ziehenden Gefäßstämmen und deren Verzweigungen einen großen Theil des Augengrundes von Luvarus einnimmt, so könnte man diesen Vortheil des Tapetes nur dem peripheren Theile der Retina zuschreiben, und auch hier kann derselbe nur ein sehr geringer sein.

Es scheint vielmehr, daß außer dem Vorhandensein eines Aderhauttapetes noch andere Eigenschaften die Fähigkeit eines Auges unter ungünstigen Bedingungen zu fungiren, zu bedingen im Stande sind. Man muß dies um so mehr zugeben, wenn man bedenkt, daß gerade bei den Vögeln, unter denen ein bedeutender Theil (Nachtraubvögel) die Finsterniß zu seinen Raubzügen verwendet, kein Aderhauttapet vorkommt. Es wäre naheliegend daran zu denken, daß diese Einrichtungen die musivische Schicht betreffen. Allein eine Zusammenstellung von *M. Schultze*[2]) er-

---

[1]) *Helmholtz*, Handbuch der physiologischen Optik. 1876. p. 167.

[2]) *Stricker*'s Handbuch, p. 1009.

giebt, daß die verschiedene Vertheilung von Stäbchen und Zapfen in der Thierreihe keinen diesbezüglichen Schluß zu ziehen gestattet.

Das Aderhauttapet von Luvarus unterscheidet sich durch seine Lage wesentlich von dem der bisher untersuchten Fische. *Delle Chiaje* (Progresso delle Science, Lettere et Arti. Anno IX) und *Brücke* fanden, daß das Tapet zwischen Choriocapillaris und der Chorioidea propria liege. Eine Ausnahme fand *Brücke* bei Abramis Brama, wo das Tapet nach außen von der musivischen Schicht zu finden ist. *Brücke* wies nach, daß die irisirenden Plättchen Zellen sind, in welche Krystalle (Ophtalmolithen *Delle Chiaje*'s) eingelagert sind. Sehr wahrscheinlich erscheint es, daß auch die Bestandtheile des Aderhauttapetes von Luvarus dieselbe Eigenschaft besitzen, doch kann ich dieselbe bisher nicht als erwiesen betrachten, da mir der Nachweis des Zellkernes nicht gelungen ist.

Das Aderhauttapet haftet fest an der Lamina fusca Chorioideae, mit welcher vereint es sich von der Sclerotica abziehen läßt. Einzelne dichtere Verbindungen bestehen zwischen Sclerotica und der Lamina fusca. Letztere enthält große kernhaltige sternförmige Pigmentzellen. Manchmal konnte ich auch die Fortsätze zweier solcher Pigmentzellen anastomisiren sehen.

Die Retina bietet in ihrem Baue einige Eigenthümlichkeiten, die ich in Folgendem besprechen will. Auf einem Querschnitte durch dieselbe (Fig. 4) erscheint uns zunächst nach innen die innere Grenzhaut (*Li*), an welcher sich die stark entwickelten *Müller*'schen Fasern (*mf*) befestigen. Dieselben durchsetzen in querer Richtung die Netzhaut. Ihr inneres Ende ist keilförmig verdickt. Die Nervenfaserschicht (*nfs*) erscheint an diesem Präparate, welches aus der Nähe des Sehnerveneintrittes stammt, sehr breit. Auf diese folgt die Ganglienzellenschicht (*gs*) und die innere Molecularschicht (*ims*). Bei der nächstfolgenden Lage,

der inneren Körnerschicht (*iks*), fällt auf, daß Gebilde von zweierlei Größe in derselben vorhanden sind. Nach innen sieht man zumeist kleinere kernartige Gebilde, nach außen liegen bedeutend größere Zellen, von welchen mehrere deutlich einen Kern und ein Kernkörperchen erkennen lassen. Das Protoplasma dieser Zellen ist deutlich granulirt und sendet Fortsätze aus. Es dürfte wohl keinem Zweifel unterliegen, daß diese Zellen als Ganglienzellen anzusehen sind. Es übertreffen dieselben die Ganglienzellen der Ganglienzellenschicht bedeutend an Größe. Bekanntlich führt *Henle*[1]) die Ganglienzellenschicht und die innere Körnerschicht als die gangliösen Schichten der Retina an, und glaube ich, daß das Vorhandensein deutlicher Ganglienzellen in der letzteren Schicht der Retina von Luvarus sehr zu Gunsten dieser Auffassung spricht. Es mag nicht uninteressant sein, darauf hinzuweisen, daß nach *Henle*[2]) auch beim Menschen in der inneren Körnerschicht (äußere gangliöse Schicht) Zellen vorkommen, welche die Zellen der Ganglienzellenschicht an Größe übertreffen.

Für bemerkenswerth halte ich, daß bei den großen Ganglienzellen der inneren Körnerschicht das Protoplasma sich mit Pikrocarmin stärker tingirte als der Kern. Ein ähnliches Verhalten des Protoplasmas hat *Mauthner*[3]) an den im Hinterhorn des Rückenmarkes gelegenen (sensiblen) Ganglienzellen nachgewiesen.

Die folgenden Schichten der Retina sind die schmale Zwischenkörnerschicht (*ams*), die äußere Körnerschicht (*aks*), welche durch die äußere Grenzhaut (*Le*) von der musivischen Schicht (*ms*) getrennt wird. Ueber letztere Schicht bin ich nicht in der Lage, bestimmte Mittheilungen machen zu können, da die Retina durch sehr langes Liegen in *Müller*'scher Flüssigkeit zu sehr verändert wurde. Erwähnen will ich nur, daß die Elemente dieser Schicht ein

---

[1]) L. c. pag. 640.
[2]) L. c. pag. 654 und 655.
[3]) Wiener Denkschriften, 39. Bd.

längeres stäbchenförmiges Innenglied und ein schmäleres conisches Außenglied besitzen. Die Außenglieder zeigten eine eigenthümliche, wohl durch Maceration bewirkte, granulirte Beschaffenheit. Mit Wahrscheinlichkeit kann man die Elemente der musivischen Schicht für Zapfen erklären.

Wien, Anfangs December 1880.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. IV.

Fig. 1. Querschnitt durch den Scleralknorpel von Luvarus. Oc. 3, Obj. 5.
az = äußere Zone, in welcher die Knorpelzellen eine meridionale Richtung zeigen,
fh = äußere Bindegewebslage des Scleralknorpels; die innere ist vom Präparate losgetrennt,
kp = ein zufällig entstandener Einriß in den Knorpel,
iz = innere Zone des Knorpels, in welcher die Knorpelzellen fehlen.

Fig. 2. Stäbchenförmige Gebilde aus dem Iristapete. Oc. 3, Obj. 8.
a = Stäbchen,
b = Stäbchencomplexe.

Fig. 3. Stäbchenförmige Gebilde aus dem Aderhauttapet. Oc. 3, Obj. 8.
a, *b* dieselbe Bedeutung wie in Fig. 2.

Fig. 4. Querschnitt durch die Retina von Luvarus. Oc. 3, Obj. 8.
aks = äußere Körnerschicht,
gs = Ganglienzellenschicht,
iks = innere Körnerschicht,
ims = innere Molecularschicht,
kp = künstlich entstandene Trennung der inneren Körner- von der Zwischenkörnerschicht,
Le = äußere Grenzhaut,
Li = innere Grenzhaut,
mf = *Müller*'sche Stützfasern,
ms = musivische Schicht,
nfs = Nervenfaserschicht.



III. Physiologisch-chemische Untersuchungen.

Von **C. Fr. W. Krukenberg.**

Die große Familie der Scomberiden, zu welcher auch Luvarus imperialis gehört, beansprucht wegen der großen Abweichungen, welche die ihr zugetheilten verschiedenen Species im Bau der einzelnen Organe unter einander aufweisen, nicht nur für die Anatomie der Fische eine ganz besondere Bedeutung, sondern nach den wenigen physiologischen Daten, welche wir von einigen ihrer Vertreter besitzen, scheint sie für die vergleichende Physiologie und für die Physiologie der Fische im Speciellen eine nicht weniger hervorragende Stellung einzunehmen.

Ich brauche nur an die Entdeckung *John Davy*'s (L'Institut. Journal général des sociétés et travaux scientifiques. No. 108) der unter den Fischen ganz exceptionell dastehenden Eigenwärme des Thynnus pelamys zu erinnern, an die Stauung, welche das Blut nach *Eschricht* und *Joh. Müller*[1]) in den merkwürdigen Wundernetzbildungen (Corpora cavernosa Mülleri) an der Leber bei Thynnus vulgaris und brachypterus erfährt — ein Verhältniß, welches sonst nur noch von *J. Müller* bei Lamna cornubica und jüngst von *Pagenstecher*[2]) auch bei Lamna

---

[1]) *Eschricht* und *Müller, Joh.*, Ueber die arteriösen und venösen Wundernetze an der Leber und einen merkwürdigen Bau dieses Organes beim Thunfische, Thynnus vulgaris. Abhandl. d. k. Acad. zu Berlin. 1835 (Berlin. 1837). S. 1—32.

Müller, Joh., Vergleichende Anatomie der Myxinoïden. Dritte Fortsetzung. Ueber das Gefäßsystem. Ibid. 1839 (Berlin. 1841). S. 262—281.

[2]) *Pagenstecher, H. A.*, Allgemeine Zoologie. II. Theil. Berlin. 1877. S. 468—470.

Spallanzanii aufgefunden wurde, so daß Derartiges außer bei Scomberiden nur noch bei Selachiern aufzutreten scheint — an die von mir[1]) experimentell festgestellte trypsinbildende Zone im Pylorialtheile einiger Scomberidenmägen (Zeus faber, Scomber scomber, Caranx trachurus), an die zahlreichen enzymbereitenden Schläuche (Appendices pyloricae) am Anfangstheile des Dünndarmes bei vielen Arten dieser Familie, um zu zeigen, daß die Scomberiden vielleicht unter allen Knochenfischen von Seiten der vergleichenden Physiologie die meiste Berücksichtigung verdienen, daß, wie schon *J. Müller*[2]) hervorhob, „die physiologischen Verhältnisse der Familie der Scomberoïden in mehr als einer Hinsicht merkwürdig sind".

Die Natur des rothen Pigmentes im Epithelialbelag der Schwanzflosse.

Wer den Luvarus gleich nach seiner Ankunft in Triest gesehen hatte, dem fiel es auf, als er ihn Tags darauf wiedersah, daß die rosige Färbung seiner Schwanzflosse an Intensität bedeutend abgenommen hatte, daß die Farbe verblaßt war.

Die mikroskopische Untersuchung der epithelialen Bekleidung der Schwanzflosse lehrte, daß in den Zellen ein rother körniger Farbstoff enthalten ist, welcher sich durch Chloroform, Benzin, Schwefelkohlenstoff, alkoholischen Aether und siedenden Alkohol leicht, mit kaltem Alkohol erst durch längeres Stehen (mehrere Wochen) unvollkommen und durch Wasser gar nicht aus den Geweben direkt extrahiren läßt. In Benzin, Chloroform, Aether und Alkohol löst sich das Pigment mit einer orange,

---

[1]) *Krukenberg*, Versuche z. vergl. Physiologie der Verdauung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Fischen. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 336 und Taf. 2. Fig. 5. — Zur Verdauung bei den Fischen. Ibid. Bd. II. S. 390.

[2]) *Eschricht* und *Müller*, *Joh.*, l. c. S. 1.

mehr oder weniger bräunlichen, in Schwefelkohlenstoff mit feuerrother Färbung. Durch keines dieser Lösungsmittel erleidet der Farbstoff eine wahrnehmbare Veränderung; wird irgend eine dieser Lösungen auf dem Wasserbade eingedunstet, so bleibt der rothe Körper in amorpher Form zurück und löst sich leicht wieder in einem der anderen Lösungsmittel mit der für jedes charakteristischen Farbe. Die Spectren keiner seiner Lösungen lassen bei natürlicher oder künstlicher Beleuchtung ein Absorptionsband erkennen; alle zeigen eine diffuse Absorption am violetten Ende, welche sich bei Anwendung concentrirterer Lösungen bis zwischen *E* und *b* erstreckt. Auch concentrirte Natronlauge, Ammoniak, Salzsäure, verdünnte Schwefel- und Chromsäure, Essigsäure u. s. w. verändern den trocknen Farbstoff in der Kälte durchaus nicht, oder bewirken an ihm erst nach längerer Zeit eine unbedeutende Verfärbung. Beim Kochen mit concentrirter Natronlauge hebt sich der Farbstoff von dem Boden des Gefäßes ab, färbt sich rothbraun und schwimmt in Flocken auf der siedenden Natronlauge, in der sich nichts von ihm löst. Fette Oele (Mandel- oder Olivenöl) lösen etwas von dem durch Chloroform, Aether u. dgl. m. extrahirten und darauf getrockneten Farbstoffe auf, doch die Lösungen entfärben sich schon nach einigen Tagen, indem der Farbstoff — vielleicht durch einen geringen Ozongehalt des Oeles — zerstört wird. Terpentinöl löst das Pigment leicht mit orangerother Farbe, aber auch diese Lösung ist wenig beständig. Je nach der Concentration verändert sie sich in kürzerer oder längerer Zeit, sowohl im Dunkeln als im Lichte, rascher in offenen als in geschlossenen Gefäßen. Es ist, wie angenommen werden darf, zweifellos das sich im Terpentinöl bildende Ozon, durch welches der Farbstoff unter Abscheidung einer weißen unkrystallisirten Masse zersetzt wird. Bei Anwendung sehr concentrirter Lösungen vertauscht das Terpentinöl im Laufe der Zeit seine orangerothe Färbung mit einer rein gelben,

welcher Farbenton sich dann wenigstens Monate hindurch in ihr unverändert erhält, sich aus ihr unter gewöhnlichen Umständen auch wohl gar nicht wieder verliert. Die Untersuchung ergab, daß auch das Spectrum dieser gelben Lösung frei von Absorptionsbändern ist.

Durch concentrirte Schwefelsäure färbt sich der aus einer seiner Lösungen durch Abdampfen auf dem Wasserbade erhaltene Farbstoff blaugrün bis indigoblau, durch Salpetersäure gelblich und läßt sich in keinem dieser beiden Fälle durch Alkalizusatz regeneriren.

Außerdem ist der Farbstoff lichtempfindlich — sehr wenig seine Lösungen, desto mehr aber das Trockenpräparat. Bestreicht man mit der wachsähnlichen Farbstoffmasse ein weißes unglasirtes Porcellantäfelchen oder einen Streifen weißen Cartonpapiers und schützt einige Stellen der dadurch der Unterlage verliehenen Färbung durch aufgelegte schwarze Papierstreifen oder Geldstücke vor dem Lichteinflusse, so genügen schon bei einigermaßen intensiver Belichtung zwei bis fünf Minuten, um den Farbenunterschied zwischen den belichtet und dunkel gehaltenen Theilen wahrnehmbar zu machen, und nach einer bis drei Stunden sind die belichteten Stellen, wenn der Farbstoff nicht in zu dicker Schicht aufgetragen wurde, so gut wie vollständig gebleicht. Dem so erhaltenen Bleichproducte läßt sich weder durch Alkalien noch Säuren die ursprüngliche Färbung wiedergeben[1]).

Es unterliegt nach diesen Reactionen keinem Zweifel, daß in den Epithelzellen der Schwanzflosse von Luvarus derselbe rothe Farbstoff vorkommt, der mehrere Jahre lang (auch in

[1]) Versuche, ein krystallisirtes Zersetzungsproduct durch Belichtung oder durch Ozonwirkung zu gewinnen, waren der geringen Menge des Materiales wegen unausführbar.

meinen früheren Arbeiten[1])) interimistisch als Tetronerythrin bezeichnet wurde, der aber sowohl aus Prioritätsrücksichten als in Hinblick auf seine, durch meine Untersuchungen bekannt gewordene große Verbreitung im Thierreiche als **Zoonerythrin** fernerhin wieder bezeichnet werden muß.

Bogdanow extrahirte zuerst diesen rothen Farbstoff, den er anfangs[2]) Zooxanthin, später[3]) Zoo-Erythrin (besser wohl Zoonerythrin) nannte, aus den rothen Federn von Calurus auriceps und aus den violetten von Catinga cœrulea durch Auskochen der Federn mit Alkohol, Eindampfen bei 60 bis 70° C. und Auswaschen mit Wasser. Er kannte schon die Unlöslichkeit dieses Pigmentes in kaltem und warmem Wasser und wußte, daß es durch das Licht zersetzt wird. Er fand ferner, daß sich der Farbstoff auch in Essigsäure löst, daß sich diese Lösung aber in drei Stunden vollständig entfärbt, während das alkoholische Extract haltbar ist. Später gewann *Wurm*[4]) — wie mir nicht nur meine Nachuntersuchungen des Farbstoffes der sogenannten Rosen von Auer- und Birkhähnen, sondern auch meine Versuche an dem rothen Farbstoff der Federn von verschiedenen anderen Vögeln (Phœnicopterus antiquorum, Pyrocephalus etc.) ergaben — genau denselben rothen Farbstoffkörper aus den sogenannten Rosen[5]) der Auer-, Fasanen- und Haselhähne, lehrte

[1]) *Krukenberg*, Tetronerythrin in Schwämmen. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1879. Nr. 40. — Vergl. physiol. Studien a. d. Küsten der Adria. II. Abth. S. 67—71. — Vergl. physiol. Studien zu Tunis, Mentone und Palermo. III. Abth. S. 114—115.

[2]) *Bogdanow, A.*, Note sur le pigment rouge des plumes du Calurus auriceps. Compt. rend. T. 45. 1857. p. 688—690.

[3]) *Bogdanow, A.*, Die Farbstoffe in den Federn. Journal f. Ornithologie von *Cabanis*. VI. Jahrg. 1858. S. 311—312.

[4]) *Wurm*, Tetronerythrin, ein neuer organischer Farbstoff. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 31. 1871. S. 535—537.

[5]) Durchaus unrichtig ist die Vorstellung von *H. Hemmerling*. (Ueber die Hautfarbe der Insecten. Dissertation. Bonn. 1878. S. 24), daß man

in Verbindung mit *Bischoff*, *Liebig* und *Hoppe-Seyler*[1]) seine Eigenschaften näher kennen und bezeichnete ihn, da er darin einen bisher unbekannt gebliebenen Farbstoff vermuthete, als Tetronerythrin. Ich bewieß, daß das Zoonerythrin nicht auf die Rose der Waldhähne, nicht auf die Federn von Vögeln im Vorkommen beschränkt ist; ich begegnete ihm gleichfalls bei verschiedenen Spongienarten. So ist denn jetzt sein Vorkommen auch bei einem Fische nachgewiesen, bei einem Fische zwar, der in Organisation und vitaler Leistung an Seltsamkeiten Vieles bietet. Bei meinen an anderen rothen Farbstoffen von Fischen verschiedenster Familien bislang ausgeführten Versuchen begegnete ich dem Zoonerythrin nicht, und es scheint mir deshalb sein Vorkommen bei Luvarus für die vergleichende Physiologie in um so höherem Grade von Wichtigkeit zu sein. Die sogenannten flüchtigen röthlichen Farbentöne, die oft nur als zarter und vergänglicher Hauch erscheinen, wie z. B. an der Kehle des Edelmarders, bei Antilopen u. s. w., auf welche vor Kurzem *Martin*[2]) die Aufmerksamkeit lenkte, machen mir das Vorkommen des Zoonerythrins auch bei Säugethieren sehr wahrscheinlich.

Auffallend ist, daß das Zoonerythrin auch innerhalb des Luvarusgewebes durch das Licht verhältnißmäßig so schnell zersetzt wird, während die Suberiten, die Rosen der Waldhähne

---

geglaubt habe, der abreibbare rothe Farbstoff befände sich an der Rose des Auerhahnes und nicht darin. Dergleichen zu behaupten ist niemandem in einer irgendwie maßgebenden Schrift eingefallen. *Bischoff* (Zeitschr. f. wiss. Zoolog. Bd. 31. S. 536) hebt sogar ausdrücklich hervor, daß der Farbstoff in den Zellen des rete Malpighi enthalten sei, während die oberflächliche Hautschicht farblos sei, und daß also das Abfärben an Tuch oder Papier durch Zerstörung des Epithels und Austritt der farbigen Körnchen zu Stande komme.

[1]) *Hoppe-Seyler*, *F.*, Handb. d. physiol.- und pathol.-chemischen Analyse. 4. Aufl. Berlin. 1875. S. 220—221.

[2]) *Martin*. *L.*, Die flüchtigen Farben in der Bedeckung der Säugethiere und Vögel. Zoolog. Garten. XX. Jahrg. 1879. S. 249—252.

wochenlang dem Sonnenlichte exponirt gehalten werden können, ohne daß man an ihnen eine Abnahme der Färbung eintreten sieht. Auch so lange sich das Zoonerythrin in den Flamingofedern befindet, leistet es nicht nur den Sonnenstrahlen gegenüber, sondern auch der zerstörenden Einwirkung des Ozons einen außerordentlichen Widerstand. Mit Terpentinöl getränkte Federn hatten nach Monaten von ihrer Färbung nichts Wahrnehmbares eingebüßt, ja ihre rothe Farbe trat in Folge der Durchtränkung mit Oel noch um vieles schöner hervor. Vielleicht wird die leichte Zerstörbarkeit des Zoonerythrins im Luvarusgewebe darin ihren Grund haben, daß in diesem der Farbstoff in ausnehmend reiner Form enthalten ist.

Die enzymatischen Eigenschaften der Secrete der Drüsen am Digestionstractus.

Nach den Mittheilungen von *Kner*[1]) scheint bei einem Fische dadurch eine Zunahme der Secretproduction erzielt zu werden, daß sich die Magenwandung zu zahlreichen kurzen und weiten Säckchen ausbaucht, welche — analog dem Verhältnisse, welches zwischen den Appendices pyloricae und dem Darme bei zahlreichen anderen Fischen besteht — die Außenfläche des Magens gleichsam besetzen. Gerade das entgegengesetzte Verhalten von diesem noch etwas problematischen Vorkommen echter Magenanhänge bei Salmo alpinus *L.* bietet sich bei Luvarus imperialis.

Mächtige, bis über zolllange und fast fingerdicke Zapfen, von der, wie *Haller*[2]) zeigte, an Labdrüsen reichen Mucosa bekleidet, ragen hier von der Wandung in den Magenraum hinein (vergl. Taf. III, Fig. 2): gewiß die denkbar vollkommenste Ein-

[1]) *Kner, Rud.*, Ueber die Mägen und Blinddärme der Salmoniden. Sitzungsber. d. k. Acad. d. Wiss. zu Wien. Math.-naturw. Cl. Bd. VIII. 1852. S. 218 und Taf. III, Fig. 8.

[2]) Vergl. S. 11 u. 12.

richtung zu einer möglichst großen Secretproduction bei beschränktem Raume. Außerdem wird sich noch schwer ermessen lassen, welchen beschleunigenden Einfluß auch die stark entwickelte quergestreifte Muskulatur der Darmwand und die glatte in den Papillen auf den mechanischen Act bei der Magenverdauung ausübt.

Der **Mageninhalt** besaß eine stark saure Reaction und lieferte, mit wenig Glycerin verrieben, ein äußerst kräftig peptisch wirkendes Filtrat. Dieses verdaute in 0,2 procentiger Salzsäure angewärmtes rohes wie gekochtes Fibrin bei 38 bis 40° C. in wenigen Minuten unter reichlicher Bildung von Peptonen und besaß keine Eigenschaften, welche erlauben könnten, es oder das peptische Enzym irgend eines anderen Fisches von dem Pepsin der Warmblüter zu unterscheiden. Ebensowenig wie durch den Magensaft der Säugethiere konnte ich Chitin, Tunicin, Corneïn oder Chonchiolin durch den Mageninhalt von Luvarus auflösen und in Peptone überführen. Der Glycerinauszug der Magenschleimhaut glich in seinen Eigenschaften durchaus dem natürlichen Magensafte.

Eines der denkwürdigsten Beispiele dafür, wie schwer es hält, eine unrichtige Angabe, wenn sie einmal in der Wissenschaft Boden gefaßt hat, aus derselben wieder zu verbannen, bietet die Geschichte der Magenverdauung bei den Fischen.

Bekanntlich gaben *Fick* und *Murisier*[1]) an, daß der Magenauszug von Hecht und Forelle noch bei 0° regelmäßig lösend auf geronnenes Eiweiß einwirke, und daß die verdauende Kraft bei 40° nicht hinter dem künstlichen Magensaft des Hundes und Schweines zurückstehe. *Hoppe-Seyler*[2]) setzte die Untersuchungen an Auszügen der Schleimhaut vom Hechtmagen zuerst weiter fort.

---

1) Verhandl. d. Würzburger phys.-med. Ges. N. F. Bd. IV. S. 120.
2) Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 14. 1877. S. 395.

und diese ergaben ihm eine schnellere Verdauung von Fibrinflocken bei 15° als bei 40°; die schnellste Verdauung erhielt er ungefähr bei 20°, einige Grade über 0° war die Einwirkung langsamer als bei 15°, aber noch sehr deutlich. Wie ich schon in meiner ersten Publication[1]) bemerkte, konnte ich mich von der Richtigkeit fast aller dieser Angaben nicht überzeugen. Später fand ich[2]) bei Prüfung der Magenglycerinextracte einer großen Anzahl von Fischen, welche den verschiedensten Familien angehörten, daß ein Enzym, welches bei gewöhnlicher Temperatur (20° C.) rascher als bei 38 bis 40° C. auf rohes oder gekochtes Fibrin, auf die einzelne Fibrinflocke oder auf größere Fibrinmengen verdauend einwirkt, wenigstens bei den nahezu 40, von mir untersuchten Fischarten nicht existirt. Inzwischen war eine Arbeit von *Luchhau*[3]) erschienen, welcher zwar, wie ich, gefunden hatte, daß die Wirkung des peptischen Enzymes der Magenschleimhaut von Hecht, Zand, Lachs und Barsch bei 40° C. entschieden eine energischere ist als bei 15°, daß aber das in den Magendrüsen von Hecht und Zand gebildete Pepsin „das der Warmblüter an Wirksamkeit darin übertreffe, daß es auch bei Temperaturen wirkt, in welchen das der höheren Wirbelthiere nicht mehr thätig ist".

Ich[4]) sah mich veranlaßt, letzterer Anschauung entgegenzutreten, und glaube durch die Auseinandersetzung meiner Versuche bewiesen zu haben, daß auch nach dieser Richtung hin kein Unterschied in der Wirksamkeit zwischen dem Pepsin der Fische und dem der Warmblüter zu constatiren ist; denn ich fand das Säugerpepsin bei sehr niedrigen Temperaturen nicht weniger energisch wirken als das der Fische. Wie ich zeigte, waren bei den Ver-

---

[1]) Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 331.

[2]) Ibid. Bd. II. S. 387.

[3]) *Luchhau*, *E.*, Ueber die Magen- und Darmverdauung bei einigen Fischen. Dissertation. Königsberg. 1878. S. 13—16.

[4]) Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 421—423.

suchen, welche zu den entgegengesetzten Meinungsäußerungen geführt hatten, quantitative Differenzen in der Wirksamkeit verschiedener Enzymlösungen für qualitative angesehen worden.

Durfte es demnach wohl als festgestellt gelten, daß ein Unterschied zwischen dem Pepsin der Fische und dem der Säuger nicht vorhanden ist, so hat trotzdem die Sucht noch nicht nachgelassen, da chemische Differenzen zu entdecken, wo es keine nachzuweisen gibt.

So berichteten vor Kurzem *Richet* und *Mourrut*[1]) — wie es scheint unbekannt mit den Leistungen der letzten Jahre auf dem von ihnen betretenen Gebiete —, daß 1 gr. der mit 40 gr. angesäuertem Wasser macerirten Schleimhaut des Magens von Lophius piscatorius 3 gr. Fibrin in 5 Stunden peptonisirt habe, während bei der nämlichen Temperatur 0,02 gr. sehr wirksamen Schweinepepsins keine deutliche Verdauung des Fibrins herbeiführten. Dieses Resultat hat lediglich darin seinen Grund, daß die erstere Verdauungsflüssigkeit reicher an Enzym war als die letztere, wovon sich die beiden Forscher auch zweifellos überzeugt haben würden, wenn sie die von mir[2]) bei anderer Gelegenheit angegebenen, durchaus nothwendigen Controlversuche gleichzeitig angestellt hätten. Ich glaube die Eigenschaften des Pepsins der Magenschleimhaut von Lophius aus meinen früheren Untersuchungen hinreichend zu kennen, um darin den Grund der von den meinigen abweichenden Resultate *Richet*'s sehen zu dürfen.

Ferner glauben die genannten beiden Autoren gefunden zu haben, daß bei 40° der Magensaft des Hundes dem des Lophius an Wirksamkeit überlegen sei, daß bei 32° jedoch das Umgekehrte der Fall sei. Ich habe, auf diese Angaben hin, es nur

[1]) *Richet, Ch.* und *Mourrut*, De quelques faits relatifs à la digestion gastrique des poissons. Compt. rend. T. 90. 1880. p. 879—881.

[2]) Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 422.

für nöthig befunden, mich davon abermals durch eigene Versuche zu überzeugen, daß die Wirkung des Lophiusmagenglycerinextractes nahe der vierziger Grade rascher von Statten geht als bei nahezu 30° C.; denn daß die verdauende Wirkung aller peptischen Verdauungssäfte von Vertebraten, unabhängig von der Species, bei einem annähernd gleichen Gehalte an wirksamem Enzyme ceteris paribus, vom Maximum der Wirkung an, mit sinkender Temperatur proportional abnimmt, ist mir schon seit Jahren völlig klar geworden.

Meine Versuche wurden in sechs langen Probirröhrchen ausgeführt, von welchen jedes eine, in angesäuertem Wasser gequollene rohe Fibrinflocke und 10 gr. 0,2procentiger Salzsäure enthielt. Dem Inhalte jedes Röhrchens wurden gleichzeitig fünf Tropfen meines aus der Lophiusmagenschleimhaut bereiteten Pepsinglycerins zugesetzt. Die Gläschen befanden sich zu je dreien in einem Wasserbade; das in das Verdauungsgemisch getauchte Thermometer stieg bei der einen Hälfte der Röhrchen auf 31—32° C., bei der im zweiten Wasserbade befindlichen Hälfte auf 39—41° C. Die Verdauung der Fibrinflocke erfolgte in zwei Gläsern, deren Inhalt auf circa 40° C. erwärmt war, bemerkenswerth rascher als in dem Rohre, dessen Inhalt nur eine Temperatur von 32° C. angenommen hatte, und in welchem sich das Fibrin unter allen gleich erwärmten Portionen am schnellsten verflüssigte. Die Differenz betrug nach annähernder Schätzung über fünf Minuten. Die Verdauung in dem letzten der drei auf 40° C. erwärmten Portionen hielt ungefähr gleichen Schritt mit der des Gemisches in einem der Gläschen, deren Inhalt nur auf 32° C. erwärmt war. In den beiden anderen Flüssigkeiten von gleichfalls circa 32° C. Temperatur verlief die Verdauung aber entschieden langsamer. Auch bei dem Versuche, welchen ich derart anstellte, daß ich zwei gleich beschaffene und gleich große Fibrinmengen — ich bediente mich in Glycerin frisch conservirten Fibrins, aus wel-

chem das Glycerin sorgfältig mit Wasser ausgewaschen wurde — mit dem salzsäure- (0,2 %) haltigen Wasser — die eine Portion auf 32° C., die andere auf 40° C. — erwärmte und darauf beiden Flüssigkeiten die gleiche Anzahl Tropfen von dem Pepsinglycerin zusetzte — gewann ich die Ueberzeugung, daß das aus dem Lophiusmagen gewonnene Glycerinextract bei nahezu 40°C. rascher verdauend auf Fibrin einwirkt als bei einer Temperatur von etwas über 30° C. Daß die Resultate derartiger Versuche leicht (besonders wenn man wie *Richet* und *Mourrut* mit dem natürlichen Magensafte und nicht mit dem Magenglycerinauszuge experimentirt) verschieden ausfallen können, wenn man nicht die nöthige Sorgfalt darauf verwendet, daß beide Verdauungsgemische genau dieselbe Beschaffenheit, das zu verdauende Fibrin in allen Vergleichsfällen von möglichst gleicher Güte ist, brauche ich gewiß kaum hinzuzusetzen.

Ich werde, da sich die Ergebnisse der von den meinen unabhängig oder baar aller Literaturkenntniß angestellten Versuche immer mehr dem in meinen Abhandlungen dargelegten Verhalten des Fischpepsins nähern, alle widersprechenden Angaben auch unter sich so schlecht übereinstimmen, daß, wollte man einer jeden von ihnen gerecht werden, man ziemlich für jede Fischart ein besonderes, für einige Fischmägen selbst mehrere peptische Enzyme annehmen müßte, nicht alle Hoffnung aufzugeben brauchen, daß endlich auch einmal ein Digestiker erstehen wird, der die Eigenschaften der Extracte der Magenschleimhaut von Fischen wie die entsprechenden von Warmblütern wirken sieht.

Der Glycerinauszug der Magenschleimhaut von Luvarus erwieß sich frei von Diastase; er übte, wie durch die *Trommer*'sche Zuckerprobe erkannt wurde, bei 38—40° C. innerhalb drei Stunden keine saccharificirende Wirkung auf gekochte Stärke aus. Auch war derselbe frei von tryptischem Enzyme; in Verlauf eines Tages wurde rohes Fibrin bei neutraler oder alkalischer Reaction

(2procentige Sodalösung) von dem Magenglycerinextracte nicht verdaut.

Ueber das Verhalten der smaragdgrünen Galle von Luvarus gegen Lackmus konnte ich, weil der grüne Farbstoff sich in dem Papiere immer ebenso schnell wie das Alkali resp. die Säure ausbreitet, auf die gewöhnliche Art keinen Aufschluß erhalten. Da auch vorheriges Benetzen des Papieres mit Kochsalzlösung die Ausbreitung des Farbstoffes nicht verzögerte, und ich auf dialytische Versuche nicht eingerichtet war, so muß ich die Reaction der Luvarusgalle unentschieden lassen, was ich zwar um so mehr bedauere, als nach den vorliegenden Angaben die Gallen verschiedener Fische auf Lackmuspapier verschieden reagiren[1]).

---

[1]) Nach *Tiedemann* und *Gmelin* (Die Verdauung etc. II. Bd. 2. Aufl. Heidelberg und Leipzig. 1831. S. 261—263) veränderte die Galle von Cyprinus leuciscus rothes Lackmuspapier nicht, die Galle von Cyprinus barbus, Salmo fario und Esox lucius reagirte neutral; auch die Galle des Wels verhält sich nach *Schloßberger* (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 108. 1858. S. 66 und 67) völlig neutral. Das gereinigte Gemisch verschiedener Fischgallen (Hecht, Karpfen und Weißfische) reagirte nach *A. Bensch* (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 65. 1848. S. 202) alkalisch, und auch nach *R. Otto* (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 145. 1868. S. 353) besitzt die frische Galle von Belone vulgaris eine schwach alkalische Reaction. Ich (Unters. a. d. physiol. Instit. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 397) konnte bei anderer Gelegenheit an sehr wenig gefärbter Rochengalle ihre alkalische Reaction durch sehr empfindliches Lackmuspapier unschwer feststellen. Letzthin kamen mir nur Selachier zur Section, welche eine so intensiv grün gefärbte Galle besaßen, daß wie bei Luvarus die Prüfung ihrer Reaction direct unmöglich war. Sauer, wie es nach *Rabuteau* und *Papillon*'s Schlußfolgerung bei Rochen der Fall sein müßte, sah noch niemand die frische Fischgalle reagiren; es scheinen sich diese Forscher zu ihren Versuchen sehr wenig empfindlichen Lackmuspapieres bedient zu haben, wie man ihm so oft in chemischen und zoologischen Instituten begegnet. Daß bei Rochen die Gewebe viel mehr disponirt sind, eine alkalische als eine saure Reaction anzunehmen, dürfte schon aus der, von mir bestätigt gefundenen Angabe *Boll*'s hervorgehen, nach welcher am elektrischen Organe von Torpedo selbst dann noch keine saure Reaction zu constatiren ist, wenn es sich zuvor in energischer Thätigkeit befunden hatte.

Letzteren Punkt hoffe ich noch eingehender untersuchen zu können.

Die mit 2procentiger Sodalösung verdünnte Galle besaß keine verdauende Wirkung auf rohes oder gekochtes Fibrin; sie enthielt Spuren einer, Kupfervitriollösung beim Kochen mit Natronlauge reducirenden Substanz, erwieß sich aber frei von Diastase. Auch dem Glycerinauszuge der Leber fehlte bei geeignetster Temperatur (38—40° C.) eine tryptische Wirkung auf rohes Fibrin; nur Spuren eines diastatischen Enzymes schienen in ihm enthalten zu sein.

Die Leber von Luvarus weicht demnach in ihrem functionellen wie organisatorischen Charakter von dem Verhalten dieses Organes bei anderen Fischen insofern bemerkenswerth ab, als sie eine echte „Leber" im functionellen Sinne des Wortes ist, während die sogenannte Leber vieler anderer Fische ein Hepatopankreas darstellt; doch scheint in der Familie der Scomberiden nach dem, was wir bis jetzt darüber wissen, eine von Pankreasdrüschen freie Beschaffenheit des Lebergewebes ziemlich die allgemeine Regel zu sein.

Das Spectrum der Luvarusgalle zeigt wie der alkoholische Auszug der eingedickten Galle kein Absorptionsband. Der alkoholische Auszug absorbirt die am stärksten brechbaren Strahlen etwa bis *b*, bei stärkerer Concentration bis *E* und die von geringster Schwingungszahl bis *B*. Ganz ähnlich verhält sich das Spectrum der reinen Galle. Der wässrige Auszug des eingedampften alkoholischen Extractes der Luvarusgalle gibt die *Pettenkofer*'sche Reaction[1]), die verdünnte reine Galle sehr schön die *Gmelin*'sche Gallenfarbstoffreaction.

---

[1]) Bei meiner letzten Anwesenheit in Triest hatte ich eine große Anzahl von Krebs- und Molluskenlebern in absolutem Alkohol conservirt, um sie mittelst der *Pettenkofer*'schen Reaction auf einen Gehalt an Gallensäuren zu prüfen. Das Fett, von welchem mehr oder weniger viel aus den Lebern

Der **Darminhalt** von Luvarus reagirte stark alkalisch und löste, filtrirt, bei 40° C. rohes wie gekochtes Fibrin sehr rasch auf. Dasselbe Verhalten zeigte er, wenn er mit 2procentiger Sodalösung oder mit Glycerin und Wasser verdünnt wurde. Er enthielt demnach Trypsin, als dessen Bildungsstätte die Schleimhaut des Mitteldarmes anzusehen sein wird, da, wie bereits erwähnt ist, ein conglomerirtes oder disseminirtes Pankreas vermißt wurde; dem Darmsafte fehlte aber jede peptische Wirkung, mit schwacher Salzsäurelösung überneutralisirt, hatte er seine

in jede Extractionsflüssigkeit übergeht, machte die Hoffnung, auf diesem Wege einen Aufschluß über die etwaige Anwesenheit von Gallensäuren in den Evertebratenlebern zu erhalten, illusorisch; man wird bei Ausführung der *Pettenkofer*'schen Probe in diesem Falle lediglich auf die gereinigten Lebersecrete angewiesen bleiben. Nur von Aphrodite aculeata hatte ich reinen Lebersaft gesammelt, welcher, wie schon *Treviranus* (Biologie. Bd. I. 1802. S. 391 und Bd. IV. 1814. S. 415) angab, einen bitteren Geschmack besitzt. Die Aphroditengalle wurde auf dem Wasserbade eingedickt, mit absolutem Alkohol ausgekocht, die Flüssigkeit heiß filtrirt, gleichfalls auf dem Wasserbade abgedampft und der Verdampfungsrückstand in warmem Wasser gelöst. Die so erhaltene wässrige Lösung kann nur höchst minimale Spuren von Fett enthalten haben, da der in dem alkoholischen Verdampfungsrückstande mehrere Minuten lang gelegene Papierstreifen nicht transparent geworden war. Wie die *Millon*'sche Reaction ergab, enthielt die wässrige Lösung zwar noch eine geringe Menge von Eiweißstoffen, die aber außerordentlich unbedeutend war, und auf welche die ganz wider mein Erwarten so rein und intensiv hervortretende kirschrothe Färbung, welche die Flüssigkeit auf Zusatz von Rohrzucker und concentrirter Schwefelsäure annahm, nicht zurückgeführt werden kann. Die Galle von Aphrodite aculeata enthält also, wie schon ihr bitterer Geschmack vermuthen ließ, thatsächlich Gallensäuren, welche ohne Zweifel auch den Lebersecreten von Siphonostoma diplochaïtos und anderer Polychäten ihren eigenthümlichen bitteren Nachgeschmack ertheilen werden. Davon daß, wie *Tiedemann* (Physiologie des Menschen. Bd. I. Darmstadt. 1830. S. 261) anführt, auch der Verdauungssaft bei Insecten meistens eine bittere Beschaffenheit habe, konnte ich mich jedoch nicht überzeugen, obgleich ich erst jüngsthin wieder Hydrophilus und Dytiscusarten darauf untersuchte.

eiweißverdauende Kraft völlig eingebüßt. Außer Trypsin enthielt der Darmsaft reichlich ein diastatisches Enzym, dessen Wirkung auf Stärkekleister bei 40° C. in kurzer Zeit erkennbar wurde.

Da durch meine früheren Untersuchungen hinlänglich bekannt geworden ist, daß die Function der die Appendices pyloricae im Innern auskleidenden Schleimhaut von derjenigen der Mitteldarmmucosa niemals erheblich abweicht, und ich auch das auf der k. k. zoologischen Station zu Triest aufbewahrte Präparat vom Verdauungstractus des Luvarus nicht gern der Darmanhänge berauben wollte, so verzichtete ich darauf, diese noch besonders auf ihren Enzymgehalt zu prüfen.

Zur Frage nach der verschiedenartigen Function der rothen, halbrothen und meergrünen Skeletmuskeln.

Die experimentellen Untersuchungen über den rothen Farbstoff der Muskeln haben uns mit drei Reihen von wichtigen Thatsachen bekannt gemacht.

Erstens wieß *Kühne*[1]) nach, daß es, wie schon *Kölliker*[2]) vermuthungsweise angenommen hatte, thatsächlich Hämoglobin ist, welches die rothen Muskeln der höheren Thiere färbt. *Ranvier*[3]) zeigte, daß die Hautmuskulatur der Rochen gleichfalls dem Hämoglobin und nicht, wie man seit *Valenciennes*' und *Fremy*'s[4]) Untersuchungen anzunehmen geneigt war, einer eigen-

---

1) *Kühne, W.*, Ueber den Farbstoff der Muskeln. Arch. f. path. Anat. Bd. 33. 1865. S. 79—94.

2) *Kölliker, A.*, Mikrosk. Anatomie. Bd. II. 1. Hälfte. S. 248 u. 249.

3) *Ranvier, L.*, l. c.

4) *Valenciennes* u. *Fremy*, Recherches sur la composition des muscles dans la série des animaux. Compt. rend. Tome 41. 1855. p. 735—741. Recherches sur la composition des œufs et des muscles dans la série des animaux. Ann. de chim. et de phys. Sér. III. Tome 50. 1857. p. 129—178.

thümlichen fettartigen Substanz, der Salmonsäure (acide Salmonique) ihre rothe Färbung verdanke. Dasselbe fand ich für die rothen Caudalmuskeln von Luvarus.

Dicht an benachbarte Flossenstrahlen sich heftend, verlaufen neben einander im Endtheile des Schwanzes von Luvarus imperialis die rothen und meergrünen Muskelbündel, nicht weniger scharf durch ihre Färbung von einander abstehend, nicht weniger anatomisch scharf gesondert als die verschieden gefärbten Muskeln beim Kaninchen, und sich dadurch auffällig von dem Verhalten der Thynnusmuskeln unterscheidend, an welchen der Uebergang der dunkleren in die helleren ein ganz allmäliger ist, so daß verschieden gefärbte Muskelstücke nicht anatomisch vorgezeichnet, sondern nur künstlich durch Zerreißen eines Muskelbündels zu erhalten sind.

Zwischen den dunkelrothen und blassen Muskeln bemerkt man im Schwanze von Luvarus noch eine dritte Muskelart, welche vom Ursprung bis zur Ansatzstelle gleichmäßig hellroth gefärbt ist, und welche ich deshalb als halbrothe Muskeln bezeichnen möchte. Auch diese enthalten Hämoglobin, während die meergrünen Skeletmuskeln vollkommen frei davon sind.

Zum Nachweise des Hämoglobins in den Muskeln wurden 10 gr. blasser, ebensoviel halbrother und rother, von einander durch Präparation sorgfältig gesonderter Muskeln fein zerhackt, mit wenig und gleichviel Wasser verrieben und zwei Stunden lang macerirt. Der blutig gefärbte Preßsaft der dunkelrothen Muskeln zeigte, spectroskopisch untersucht, zwei Absorptionsbänder, welche in Lage und an Intensität mit den beiden Streifen des Oxyhämoglobins übereinstimmten. Bei Zusatz von Schwefelammon trat an die Stelle der beiden Bänder der Streifen des reducirten Hämoglobins. In dem schwach gefärbten Wasserextracte der halbrothen Muskeln ließen sich die beiden Absorptionsbänder des Oxyhämoglobins gleichfalls gut erkennen, und auch

an ihre Stelle trat nach Schwefelammonzusatz das einfache Band des reducirten Hämoglobins. Der Preßsaft von den meergrünen Muskeln war hingegen ungefärbt und erwies sich, spectroskopisch betrachtet, als durchaus frei von Hämoglobin.

Außer Hämoglobin enthalten die rothen Muskeln noch ein braunroth gefärbtes fettes Oel, welches beim Auskochen der Muskeln mit absolutem Alkohol in diesen zum größten Theil übergeht und beim Verdampfen desselben auf dem Wasserbade zurückbleibt. Die meergrünen Muskeln enthalten viel geringere Mengen fetten Oeles als die rothen, welches fast ungefärbt, jedenfalls nicht braun, roth oder röthlich tingirt ist.

An *Kühne*'s Entdeckung des Hämoglobinvorkommens in gewissen Muskeln bei Kaninchen und Meerschweinen schlossen sich die Arbeiten von *Ray Lankester* und *Hubrecht*, welche lehrten, daß das Auftreten des Hämoglobins in Geweben weder auf Wirbelthiere beschränkt, noch eine Besonderheit der Muskulatur ist, sondern daß derselbe Körper sowohl in Muskeln wie in nervösen Gebilden auch bei verschiedenen Wirbellosen auftritt. Seit den schönen Untersuchungen von *Hubrecht*[1]) ist uns die Function des in den Ganglien bei Nemertinen (Meckelia somatotomus und Ehrenbergii, Polia geniculata und Borlasia olivacea) deponirten Hämoglobins sogar viel verständlicher geworden, als uns der physiologische Werth seines Vorkommens im sogenannten Evertebratenblute z. Z. erscheinen muß.

Einen zweiten sehr bedeutenden Fortschritt in dem Erkennen der Function verschieden gefärbter Muskeln verdanken wir den Untersuchungen von *Ranvier*. *Ranvier* fand, daß der verschiedenen Färbung des Muskelgewebes auch eine verschiedene histologische Structur entspricht; er deckte diese Beziehungen an den

---

1) *Hubrecht*, *A. A. W.*, Untersuchungen über Nemertinen aus dem Golf von Neapel. Niederl. Archiv f. Zoologie. Bd. II. S. 99—130.

rothen (musc. semitendinosus) und weißen (musc. adductor magnus) Kaninchenmuskeln auf, *E. Meyer*[1]) begegnete ihnen auch bei Meerschweinchen und *Haller*[2]) constatirte eine ähnliche histologische Differenz zwischen den rothen und blassen Muskelfasern von Luvarus.

Zwar seit lange war bekannt, daß die Textur und der histologische Bau der quergestreiften Muskeln nicht nur bei Wirbelthieren (Skelet-, Herz- und Zungenmuskulatur), sondern auch bei Insecten (sogenannte gelbe und weiße Muskeln) mit der Färbung variiren können, ja man wußte sogar durch *Schwalbe*[3]), daß bei einigen Muscheln neben den gewöhnlichen glatten Fasern sogenannte doppeltschräggestreifte Muskeln vorkommen, welche nahe verwandten Arten abgehen oder bei diesen wenigstens theilweise durch glattes Muskelgewebe vertreten sind, aber bestimmt auf die Beziehung zwischen dem Hämoglobingehalt und den histologischen Bau der Muskeln hingewiesen zu haben, ist ohne Zweifel erst das Verdienst von *Ranvier*. Nach *Meyer* ist jedoch die Coïncidenz von Structur und Färbung keine durchgreifende. *Meyer* fand z. B. beim Kaninchen den rothen musc. masseter und flexor digitorum communis dem histologischen Baue nach nicht, wie zu erwarten gewesen wäre, dem rothen musc. semitendinosus, sondern dem weißen adductor entsprechend. Bevor wir auf *Meyer*'s Erklärung dieser merkwürdigen Abweichungen eingehen, wollen wir das dritte, gleichfalls durch *Ranvier* entdeckte Moment, welches für die Frage nach einer verschiedenartigen Function der rothen und weißen Muskeln besonders schwer ins Gewicht fällt, kurz hervorheben.

---

[1]) *Meyer, E.*, Ueber rothe und blasse quergestreifte Muskeln. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1875. S. 217—232.

[2]) Vgl. S. 9.

[3]) *Schwalbe, G.*, Ueber den feineren Bau der Muskelfasern wirbelloser Thiere. Arch. f. mikr. Anat. Bd. V. 1869. S. 230—237.

Außer den, zwischen dem rothen musc. semitendinosus und dem weißen musc. adductor beim Kaninchen bestehenden histologischen Unterschieden beobachtete *Ranvier* an ihnen auch ein verschiedenes Verhalten gegen electrische Reize. *Ranvier* fand die Dauer der latenten Reizung beim rothen Muskel mehr als viermal länger wie beim weißen, und denselben Unterschieden zwischen rother und blasser Muskulatur begegnete er auch beim Rochen. *Meyer*, *Kronecker* und *Stirling*[1]) bestätigten die *Ranvier*'sche Angabe, und besonders letztere Forscher fügten mehrere neue Thatsachen den bekannt gewordenen hinzu. *Kronecker*'s und *Stirling*'s Versuche ergaben an Kaninchenmuskeln, daß die einfache Zusammenziehung des rothen Muskels (musc. soleus) fast dreimal solange währt als die des weißen (musc. gastrocnemius medialis), daß der rothe Kaninchenmuskel durch vier Reize in der Secunde in unvollkommenen, durch zehn Reize in ziemlich stetigen Tetanus versetzt wird, während der weiße Kaninchenmuskel zu seiner vollständigen Tetanisirung zwanzig bis dreißig Reize bedarf; ferner beobachteten sie, daß bei vollkommen tetanisirender Reizfrequenz (Reizintervall $^1/_{30}$″) die rothen Muskeln weniger erregbar sind als die weißen, indem sie stärkerer Reize bedürfen, um maximal erregt zu werden, und (obwohl sie ebenso lang sind wie die weißen) in der Mehrzahl der Fälle auch durch intensivste Ströme nicht zu solcher Verkürzung gebracht werden können wie die weißen Muskeln; dagegen sahen sie bei minderer Reizfrequenz (Reizintervall $^1/_{10}$—$^1/_{16}$″), die Tetanuscurve des rothen Muskels beträchtlich höher ansteigen als die des weißen.

Gestützt auf diese Thatsachen versuchte man, sich eine Ansicht über die verschiedene Function der rothen und weißen Muskeln zu bilden.

[1]) *Kronecker, H.* und *Stirling, W.*, Die Genesis des Tetanus. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1878. S. 1—40.

Ueber die eventuelle physiologische Bedeutung des Hämoglobins in den Muskeln sprach sich bereits *Kühne* folgendermaßen aus: „Das Hämoglobin, welches als ein in der Flüssigkeit lebender Muskeln gelöster Bestandtheil anzusehen ist, wird vermuthlich bei den Oxydationsprocessen in der contractilen Substanz eine nicht unwichtige Rolle spielen, obgleich es für die Function derselben kein absolut erforderlicher Bestandtheil ist, da ja bei vielen Thieren hämoglobinfreie, ganz ungefärbte Muskeln vorkommen.“ *Kühne* beobachtete, daß in einem zwischen zwei Glasplatten gelegten Schildkrötenmuskel das Oxyhämoglobin nach andauerndem Tetanisiren reducirt wurde, und wirft im Anschluß an diesen Versuch die Frage auf, „ob das Hämoglobin der contractilen Substanz nur durch die bei der Contraction gebildete Kohlensäure sauerstofffrei wird, oder ob die Bestandtheile des Muskels den mit dem Hämoglobin verbundenen Sauerstoff verzehren“.

Ranvier war der Meinung, daß die beiden Arten der quergestreiften Muskeln bei Säugethieren und Rochen eine von einander verschiedene Bestimmung haben, ihre Aufgabe sei wahrscheinlich nicht die gleiche, die blassen mit ihrer plötzlichen Contraction würden wohl vorzüglich Muskeln der Thätigkeit sein, die rothen mit ihrer langsameren und beharrenden Contraction dienten dagegen zur Erhaltung und Regulirung des Gleichgewichtes.

Anknüpfend an die Betrachtung, daß die Thiere mit verschieden gefärbten Muskeln z. Th. (Kaninchen, Meerschwein, Huhn) domesticirte sind, glaubt *Meyer*, daß die Muskeln, welchen eine der normalen gleich intensive Kraft abgehe, allmälig gewisse Veränderungen erfahren, die sich zunächst in dem Verluste der rothen Färbung kund geben. Die rothe Färbung findet sich nach *Meyer* überall da, wo eine bedeutendere Leistung und demzufolge ein regerer Stoffwechsel stattfindet; auch den rothen Muskeln

der Rochen werde eine energischere Thätigkeit zukommen als den blassen, kurz — die Farbe des Muskels sei bedingt durch seine Function: je mehr ein Muskel arbeite, desto dunkler sei seine Farbe und umgekehrt; der Umstand aber, daß der musc. semitendinosus beim Kaninchen von den übrigen rothen Muskeln des Thieres in Bau und Constructionsmodus so abweiche, findet nach ihm seine Erklärung in der besonderen Anordnung der Muskeln der hinteren Extremität des Kaninchens, wo die Flexoren bedeutend stärker entwickelt sind als die Extensoren. *Meyer* sagt: „Der Semitendinosus ist fast in beständiger Contraction und hat nicht, wie die Muskeln des Vorderarmes, einen Wechsel zwischen Arbeit und Ruhe. Die Folge davon ist, daß er allmälig die Fähigkeit verloren hat, rasch von einem Zustand in den andern überzugehen. Er ist nicht mehr gewöhnt, präcis auf einzelne Willensimpulse zu reagiren, und deßhalb ruft auch der inadäquate electrische Reiz keine zuckungsartige Contraction an ihm hervor, sondern bringt ihn in den der dauernden Contraction. Ist der Muskel aber beständig thätig, so braucht er auch eine größere Menge Betriebsmaterial, und da dieses ihm durch die Gefäße zugeführt wird, so hat der vergrößerte Bedarf auch eine Vermehrung der Gefäße zur Folge. Die besondere Eigenthümlichkeit der Gefäße, jene von *Ranvier*[1]) beschriebenen Capillarausbuchtungen, sind wahrscheinlich durch die beständige Verkürzung der Fasern hervorgebracht oder können auch als Reservoire für das Blut gelten.“ *Meyer* kommt zu dem Schlusse, daß es nach Allem wohl kaum wahrscheinlich ist, „daß bei allen Thieren derartige Unterschiede vorkommen, wie *Ranvier* meint, denn die Differenzen zwischen blassen und rothen Muskeln sind

---

[1]) *Ranvier, L.*, Note sur les vaisseaux sanguins et la circulation dans les muscles rouges. Laboratoire d'histologie. Travaux de l'année 1874 pag. 165—169. Außerdem vergl. die auf S. 4 citirten Abhandlungen von *Ranvier*.

eine durch den verschiedenen Gebrauch derselben entstandene und merkwürdiger Weise bei einzelnen Hausthieren erst vermöge der Züchtung und mangelnder Bewegung hervorgerufene Eigenthümlichkeit".

Meyer's Auffassung wird, soweit sie auf das Verhalten der Muskeln bei Säugethieren Bezug hat, viel Richtiges einschließen, für die Fische, auf welche er sie gleichfalls ausdehnen zu dürfen glaubt, ist sie aber nicht aufrecht zu erhalten. Zwar ist es wahr, daß selbst bei Fischen, die fast nur blasses Fleisch besitzen, rothe Muskeln, wie z. B. die Kiemenmuskulatur der Teleostier, am andauerndsten thätig sind, daß selbst bei Wirbellosen die Arbeit, welche die größte Energie verlangt, von rothen, sicherlich hämoglobinhaltigen Muskeln (wie z. B. die Pharynxmuskeln bei Buccinum undatum nach *Lebert* [Ann. d. scienc. nat. 3 Sér. T. XIII. 1850. p. 170] und die Muskeln der Kauorgane bei Paludina vivipara nach *Leydig* [Lehrb. d. Histologie. 1857. S. 137]) ausgeführt wird, aber wenn daraufhin auch die Hautmuskulatur von Rochen und Teleostiern dem musc. semitendinosus des Kaninchens an functioneller Inanspruchnahme verglichen wird, so kann das nur unter Vernachlässigung der anatomischen Befunde geschehen.

Die oberflächliche Lagerung, die Insertionsverhältnisse der rothen Hautmuskulatur bei Fischen, die Passivität der Hautschicht bei Rochen und bei Scomberiden widerspricht ohne Weiteres der Annahme, daß eine ausnehmend bedeutende Arbeitsleistung von den betreffenden Muskeln verlangt wird. Wenn aber die Thatsache in Betracht gezogen wird, daß in den vorderen Körperregionen von Luvarus nur die oberflächlichst gelegenen Muskelschichten durch Imprägnation mit Hämoglobin roth und zwar stark roth gefärbt erscheinen, daß sich am Schwanzende, aber nur an diesem, den rothen Hautmuskeln gesonderte rothe Muskelbündel, welche der Wirbelsäule dicht anliegen, hinzuge-

sellen, so wird sich die Vertheilung der rothen Muskeln zwischen den weißen doch für Luvarus wohl auch von einem allgemeineren Gesichtspunkt aus erklären lassen.

Wie bei einigen Wirbellosen ohne directe Gewebeathmung (z. B. bei Aphrodite aculeata nach *Selenka*'s Untersuchungen [Niederländ. Archiv f. Zoologie. Bd. II. 1874—75]), bei denen die an sich geringe Blutmasse wegen der in die Gefäßbahn eingeschalteten Wundernetzbildungen nur langsam den Körper durchrieseln kann, sich gewisse Organe durch das in ihnen deponirte Hämoglobin oder durch andere Substanzen von analoger Function eine eigene Sauerstoffreserve schaffen, so geschieht es auch bei den Fischen, bei welchen der Blutstrom vor oder in den Capillargebieten so großartigen Widerständen begegnet, daß nur die von den größeren arteriellen Gefäßstämmen aus mit Blut versorgten Organe stets die zur Ausübung ihrer Function erforderlichen Sauerstoffmengen zugeführt bekommen. In den zuletzt vom arteriellen Blutstrome erreichten und deshalb direct am dürftigsten mit Sauerstoff versorgten Organen sehen wir zur Compensation dieses Uebelstandes oft Vorkehrungen getroffen, welche theils als aneurismatische Gefäßerweiterungen eine möglichst große, zwar verhältnißmäßig sauerstoffarme Blutmenge der Gewebeathmung zur Verfügung stellen, theils die Gewebe durch ein in ihnen abgelagertes Hämoglobinquantum selbst in den Stand gesetzt, sich einen Sauerstoffvorrath für eine spätere Verbrauchsperiode zu erhalten.

Ist es erlaubt, die abweichende Färbung der Hautmuskeln und der zu äußerst gelegenen Schwanzmuskulatur bei Luvarus imperialis überhaupt mit einer Function in Connex zu bringen, so wird die davon zu gebende Erklärung in erster Instanz auf die Circulationsverhältnisse zu recurriren haben, auf die Blutstauung, welche gerade bei den Fischen (Selachier und Scomberiden), welche die auffälligsten Unterschiede in der Färbung

ihrer Muskeln darbieten, ganz besonders seltsame Erscheinungen aufweist. Nicht nur in den Corpora cavernosa Mülleri, nicht nur in den Nieren, Kiemen und Sinnesorganen, sondern auch an der Schwimmblase bei vielen Fischen erwachsen dem Blutstrome durch die vielfachen Wundernetzbildungen beträchtliche Widerstände, und es wird deshalb kaum wunderbar erscheinen können, wenn wir in Uebereinstimmung hiermit gerade bei dieser Classe unter den Wirbelthieren den Hämoglobingehalt der Muskeln so außerordentlich variiren sehen. So viel steht fest, daß bei vielen Fischen außer den energischst arbeitenden Muskeln nur noch diejenigen Hämoglobin führen, welche am meisten der Peripherie genähert sind, und die mit dem schlechtesten arteriellen Blute gespeist werden.

Trotzdem wir auch bei den rothen und weißen Luvarusmuskeln denselben histologischen Unterschieden begegneten, welche zuerst *Ranvier* beim Kaninchen zwischen dem musc. semitendinosus und dem musc. adductor antraf, so werden die Functionen beider Muskelarten bei unserem Fische doch kaum verschiedene sein.

Wo der Ursprung, Ansatz und Verlauf der beiden Muskelarten so völlig Uebereinstimmendes wie am Endtheile des Luvarusschwanzes bietet und wo, wie die Versuche an der Leiche uns lehrten, die Thätigkeit der weißen und rothen Muskeln nur als eine coordinirte gedacht werden kann, muß eine physiologische Differenz zwischen beiden verschieden gefärbten Muskeln — falls eine solche thatsächlich existirt, was natürlich nur durch Reizversuche am contractionsfähigen Muskel festzustellen sein wird — ohne Belang für die Leistung, ohne Werth für den Organismus bleiben.

Die näheren organischen Bestandtheile der Luvarusmuskeln nebst einer allgemeinen Betrachtung über den gegenwärtigen Stand der vergleichenden Muskelchemie [1]).

Daß die rothen und weißen Muskeln ein und derselben Thierart nicht nur histologische, nicht nur functionelle, sondern auch chemische Verschiedenheiten unter einander aufweisen können, hat sicherlich ein Gastronom niemals bezweifelt. Des verschiedenen Geschmackes von dunklem und blassem Fleische bei Geflügel ist von Literaten [2]) wiederholt gedacht, der verschiedene Geschmack des hellen und rothen Thunfischfleisches ist unter den Bewohnern der Seestädte am Mittelmeere allgemein bekannt. Vergleichende Bestimmungen der näheren organischen Bestandtheile verschieden gefärbter Fleischsorten ein und desselben Thieres sind aber bislang in der Literatur nicht niedergelegt, „der Instinct des Geschmackes ist", wie *Brillat-Savarin* [3]) bemerkt, „hierin der Wissenschaft vorausgeeilt". Damit wenigstens einmal der Anfang zur Lösung dieser gewiß nicht nur wissenschaftlich, sondern auch praktisch wichtigen Frage gemacht wurde, trennte ich bei Luvarus die dunkelrothen sorgfältig von den meergrünen Muskeln und unterwarf beide Theile gesondert einer

---

[1]) Cf. *Krukenberg*, Vergl.-physiol. Beiträge z. Chemie der contractilen Gewebe. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. III. Heft 3 4. — Das Fleisch der Fische und einiger Wirbelloser auf seine näheren chemischen Bestandtheile untersucht. Ibid. Bd. IV. Heft 1.

[2]) So läßt z. B. *Scheffel* (Ekkehard. 5. Aufl. Berlin. 1868. S. 160) Romeias an Ekkehard bei Uebersendung eines mächtigen Auerhahns schreiben: „Bei Zuzug von Gästen soll sie" (Praxedis) „das weiße Fleisch am Rückgrat selber verzehren, da dies das beste, und das braune von harzigem Geschmack."

[3]) *Brillat-Savarin*, Physiologie des Geschmacks. Uebersetzt von *C. Vogt*. 4. Aufl. Braunschweig. 1878. S. 45.

Untersuchung auf Harnstoff, Kreatinin, Kreatin, Hypoxanthin und Inosit nach den gebräuchlichen Methoden. Die Menge der halbrothen Muskeln (etwa 30 gr.) war zu gering, als daß gehofft werden konnte, auch durch ihre Untersuchung bindende Resultate zu erzielen. Das Gewicht der dunkelrothen Muskeln betrug über 100 gr., das der meergrünen nahezu 1 1/2 Kilo. Die abgetrennten Muskeln wurden in Weinflaschen durch absoluten Alkohol conservirt und die Verarbeitung des Materials im physiologischen Institute zu Heidelberg ausgeführt.

Durch Auspressen wurde der Alkohol aus den Muskeln entfernt, und diese in einem Extractionsapparate mit aufsteigendem Kühler sechs bis sieben Stunden abermals mit Alkohol, jetzt aber mit siedendem, behandelt. Der Alkohol wurde gleichfalls abgepreßt, das Fleisch fein zerhackt, 14 bis 20 Stunden mit Wasser macerirt und, um möglichst alle Extractivstoffe in Lösung zu bringen, darauf mit dem Wasser noch kurze Zeit zum Sieden erhitzt. Die Fleischbrühe wurde abgeseiht und, wie später beschrieben werden soll, auf Kreatin, Hypoxanthin etc. untersucht.

Es ist durch *Stædeler* und *Frerichs* bekannt geworden, daß sich in den Muskeln von Spinax acanthias und Raja batis sehr bedeutende Mengen von Harnstoff finden; auch im electrischen Organe von Torpedo hat *M. Schultze* Harnstoff nachgewiesen. Bei meinen Untersuchungen des Fleisches von Scyllium canicula, Mustelus vulgaris und lævis, Acanthias vulgaris, Squatina vulgaris, Torpedo marmorata und Myliobatis aquila erhielt ich in allen Fällen ein verhältnißmäßig ganz außerordentlich großes Quantum von Harnstoff, den ich auch im electrischen Organe von Torpedo marmorata in nicht weniger beträchtlicher Menge aufgestapelt fand. Dagegen vermißte ich den Harnstoff bei den nächsten Verwandten der Selachier (Acipenser sturio, Petromyzon fluviatilis, Ammocœtes branchialis, Amphioxus lanceolatus) vollständig, und da

ich auch in den Muskeln exquisiter Raubfische aus der Ordnung der Teleostier (Lophius, Conger etc.) niemals Harnstoff nachweisen konnte, so blieb allein übrig, nach ihm bei den Scomberiden zu suchen.

Wie wir erfuhren, zeigen einige Scomberiden sowohl in den Circulations- (Corpora cavernosa Mülleri) wie Digestionsvorgängen (außerordentlich kräftig peptisch wirkendes Magensecret, echte Leber) eine auffallende functionelle Uebereinstimmung mit Selachiern, ja sie theilen mit ihnen auch das Vorkommen anatomisch gesonderter rother und blasser quergestreifter Muskeln, — und es schien mir deshalb nicht unmöglich, daß sich beide Fischgruppen auch durch einen Gehalt ihrer Muskeln an Harnstoff von anderen Fischarten unterschieden.

Falls in dem Fleische von Luvarus imperialis Harnstoff enthalten war, mußte sich dieser in dem ersten, kalt angefertigten alkoholischen Auszuge finden. Der Harnstoff wurde in bekannter Weise so nachzuweisen versucht, daß eine Probe des erkalteten Verdampfungsrückstandes mit dem Glasstabe herausgenommen und auf einem Uhrgläschen oder Objectträger mit reiner concentrirter Salpetersäure anhaltend verrieben wurde. Aber wie im Fleische anderer Scomberiden (Thynnus vulgaris, Pelamys sarda, Caranx trachurus, Lichia amia), so konnte ich weder in den rothen noch in den meergrünen Muskeln von Luvarus Harnstoff nach dieser Methode nachweisen.

Als *Neubauer*[1]) beobachtet hatte, daß eine verdünnte Kreatinlösung beim Eindampfen Kreatinin liefert, glaubte man sich oft veranlaßt, das Kreatinin nicht mehr als in den Muskeln selbst enthalten ansehen zu dürfen, sondern als erst bei der Darstellung aus Kreatin entstanden. Der Berechtigung des auf Grund der

[1]) *Neubauer*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 137. S. 288.

Neubauer'schen Versuche angestrebten Verallgemeinerungsverfahrens schienen sich mir bei Untersuchung der Muskeln verschiedener Thierarten schon sehr erhebliche Bedenken entgegenzustellen. Obgleich bei Verarbeitung vieler Fleischportionen mit Ausnahme der einmaligen, zur Fortschaffung des Eiweißes erforderlichen, kurz andauernden Erhitzung der Brühe auf Siedetemperatur jede Temperatursteigerung auf mehr als 50° C. von mir sorgfältig vermieden wurde, so erhielt ich dennoch in einigen Fällen (Schenkelmuskeln vom Frosch, Zungenmuskulatur vom Ochsen etc.) ausnehmend große Quantitäten von Kreatinin, in anderen (Skeletmuskeln vom Karpfen und Barsch, Muskeln der Rindsembryonen) dagegen gar kein Kreatinin, sondern nur Kreatin.

Eine besondere Wichtigkeit für die Frage, ob Kreatinin in Muskeln thatsächlich präformirt vorkommt oder ob dasselbe, wenn es gefunden wird, stets erst bei der Darstellung aus Kreatin gebildet wurde, dürften vielleicht die Ergebnisse meiner Untersuchungen an den meergrünen Muskeln von Luvarus beanspruchen.

Das Kreatinin geht nicht leicht in kalten Alkohol über, läßt sich hingegen durch Auskochen mit Alkohol fast vollständig den Geweben entziehen. Dieses Verhalten benutzte ich zum Nachweis von möglichenfalls in den Muskeln vorhandenem Kreatinin. Wenn, wie bei meinem Operiren, das frische Fleisch, fein zerschnitten in starkem Weingeist conservirt, der Alkohol abgepreßt und das Fleisch darauf mit Alkohol sogleich ausgekocht wird, können inzwischen unmöglich im Fleische Veränderungen vorgegangen sein, durch welche ein Theil seines Kreatingehaltes in Kreatinin verwandelt wurde. Gelingt es also, durch Auskochen mit Alkohol aus den Muskeln direct krystallisirtes Kreatinin zu gewinnen, so liegt keine Veranlassung vor, dieses als ein aus dem Kreatin erst beim Operiren entstandenes Product und nicht als in den Muskeln präformirt anzusehen. Dieses Ver-

fahren schlug ich unter Anderem auch bei der Prüfung der blassen Muskeln von Luvarus auf einen etwaigen Gehalt von Kratinin ein.

Die blassen quergestreiften Muskeln von Luvarus erwiesen sich als ganz besonders reich an Kreatinin. Ueber den Kreatiningehalt des kalt angefertigten, alkoholischen Extractes des Luvarusfleisches vermag ich nichts auszusagen; es wurde zur Untersuchung auf Harnstoff vollständig verbraucht. Der durch Aether kalt entfettete Rückstand des heißen alkoholischen Auszuges der meergrünen Muskeln bestand aber fast ausschließlich aus Kreatinin, welches sich in perlmutterglänzenden Flitterchen ausgeschieden hatte und sehr schwach bräunlichgelb gefärbt war. Ich gewann aus den in Arbeit genommenen 1 1/2 Kilo Muskelfleisch etwa 5 gr. krystallisirtes Kreatinin. Mein Präparat löste sich sehr leicht und vollständig in kaltem Wasser, kalter Natronlauge (mit gelblicher Farbe) sowie in kalter Salpeter- und Schwefelsäure; sehr wenig war es dagegen löslich in kaltem Alkohol. Die wässrige Lösung ließ auf Zusatz von Silbernitrat nur eine sehr unbedeutende Menge beigemischter Chloride erkennen und wurde durch Kupfersulfat, Eisenchlorid, Zinnchlorür, concentrirte Kochsalzlösung, essigsaures Quecksilber, Quecksilberoxydulnitrat, oxalsaures Ammonium, Barythydrat, Jodquecksilberkalium, Kaliumchromat und Kaliumdichromat nicht gefällt. Quecksilberchlorid, Chlorzink, Bleinitrat und Aluminiumsulfat gaben weiße Niederschläge resp. Trübungen. Nur der durch Chlorzink hervorgerufene Niederschlag zeigte sich krystallisirt, und zwar in Formen der bekannten Chlorzinkkreatinindrusen, welche zum Theil sehr groß und schön ausgebildet waren; die durch die übrigen Metallsalze in der Kreatininlösung entstandenen Fällungen erwiesen sich, unter dem Mikroskope betrachtet, als amorph, obgleich auch sie aus Metallverbindungen des Kreatinin bestanden. Der Aschengehalt meines Präparates ist ein außerordentlich geringer.

Wie die wässrigen Auszüge des Fleisches anderer Knochenfische, so nehmen auch die der meergrünen (trotz der vorausgegangenen gründlichen Extraction mit kaltem und siedendem Alkohol) und rothen Luvarusmuskeln auf Zusatz von neutralem essigsauren Blei eine milchige Beschaffenheit an. Durch längeres Erwärmen allein gelang es mir nicht, die in der Flüssigkeit fein suspendirten Bleiverbindungen abfiltrirbar zu machen; bei Zusatz von Kohlenpulver blieben sie jedoch mit diesem auf dem Filter zurück.

Das auf beschriebene Weise von den Phosphaten und dem zugesetzten Bleisalze gereinigte, bei 40° C. auf dem Wasserbade eingedampfte und zur Krystallisation mehrere Wochen kalt gestellte wässrige Extract der fast weißen Luvarusmuskeln war, wie sich durch das Mißlingen der *Weyl*'schen Reaction und durch Zusatz von Chlorzinklösung zu einem Theile des Auszuges feststellen ließ, frei von Kreatinin; aus ihm schied sich aber reichlich Kreatin — in dem Wasserextracte der halben Menge des mit Alkohol zuvor ausgezogenen Fleisches 0,45 gr. reinstes (schwefel- und aschenfreies) Kreatin in sehr schönen und großen, schwach grünlich gefärbten Krystallen — ab, von welchem ich einen Theil mit Salzsäure abdampfte und so das Kreatin (außer an seiner typischen Krystallform direct) auch mittelbar als Kreatininchlorzink sicher erkennen konnte.

In dem Wasserextracte der dunkelrothen Muskeln, die ihrer geringeren Menge wegen vor der Behandlung mit Wasser nicht mit Alkohol ausgekocht waren, fehlte das Kreatin gleichfalls nicht, Kreatinin ließ sich darin aber nicht nachweisen. Wegen des sehr abweichenden anatomischen Verhaltens des roth- und blaßgefärbten Muskelfleisches bei Luvarus und Pelamys scheint mir der Umstand, daß ich das Kreatinin in den Verdampfungsrückständen der heiß angefertigten alkoholischen Auszüge von den isolirten und der Untersuchung getrennt unterworfenen rothen

wie weißen Muskelantheilen von Pelamys sarda sowohl durch die *Weyl*'sche Reaction als in seiner Verbindung mit Chlorzink zu erkennen vermochte, nicht den Schluß zu rechtfertigen, daß sich Kreatinin voraussichtlich auch in dem rothen Fleische von Luvarus finden werde.

Auch in den Skeletmuskeln von Thynnus vulgaris fand ich Kreatinin, während ich im Fleische von Caranx trachurus das Kreatinin, im Fleische von Lichia amia sowohl Kreatinin wie Kreatin vermißte. Doch ist das Kreatinin keineswegs auf das Muskelgewebe einiger Scomberiden im Vorkommen beschränkt; aus der Skeletmuskulatur von Conger vulgaris und Crenilabrus pavo wurde es von mir nach der angegebenen Methode ebenfalls dargestellt.

Die von dem Kreatininchlorzink abfiltrirten Auszüge der Luvarusmuskeln wurden mit essigsaurem Kupfer gekocht, der dabei entstandene braune Niederschlag abfiltrirt, mit Wasser ausgewaschen, in Salpetersäure gelöst, die Lösung mit salpetersaurem Silber gekocht und siedend heiß filtrirt. Es schied sich aus dem Filtrate, sowohl aus demjenigen, welches den meergrünen, als aus dem, das den blutrothen Muskeln entstammte, salpetersaures Hypoxanthinsilber ab; im ersten Falle wurden reichliche, im zweiten geringere Mengen davon erhalten. In den Muskeln von Thynnus vulgaris, Pelamys sarda und Lichia amia wies ich in gleicher Weise das Hypoxanthin nach.

In dem mit neutralem essigsaurem Blei versetzten wässrigen Auszuge der Luvarusmuskeln, sowohl der rothen wie der meergrünen, bildete sich auf Zusatz von basisch essigsaurem Blei in der Kälte ein sehr bedeutender, gelblich gefärbter Niederschlag, der sich beim Erwärmen der Flüssigkeit fast vollständig wieder löste. Um die Abwesenheit des Inosits in den Luvarusmuskeln außer Zweifel zu stellen, habe ich den sich auf Zusatz von basisch essigsaurem Blei sowohl in der Kälte bildenden Niederschlag als

auch den unbedeutenden, bei Siedetemperatur ungelöst bleibenden Theil desselben gesondert, aber mit durchaus negativem Erfolge auf Inosit untersucht. Wie bei Luvarus, so fehlt diese Zuckerart auch in allen, bisher darauf untersuchten Fisch- und Batrachiermuskeln.

Von Taurin und Xanthin machte sich mir in den alkoholischen wie wässrigen Auszügen der Scomberidenmuskeln nichts bemerkbar; auch Glycogen war in den Fleischextracten nicht mehr nachzuweisen.

In meinen oben erwähnten Beiträgen zur vergleichenden Muskelchemie habe ich nach Mittheilung der Ergebnisse meiner eigenen Untersuchungen kurz zusammengefaßt, zu welchen Schlüssen mir die jeweiligen Befunde zu berechtigen scheinen. Ich habe über das Vorkommen von Kreatin, Kreatinin, Hypoxanthin, Inosit, Taurin und Harnstoff in den Muskeln bei Vertretern verschiedener Thierklassen folgendes festgestellt.

Kreatin

neben Harnstoff und Hypoxanthin, bei Abwesenheit von Kreatinin und Inosit (Mustelus vulgaris, Squatina vulgaris);

neben Kreatinin und Hypoxanthin, bei Abwesenheit von Inosit und Harnstoff (Luvarus imperialis [blasse Muskeln]);

neben Hypoxanthin und Inosit, bei Abwesenheit von Harnstoff und Kreatinin (Rindsembryonen);

neben Hypoxanthin, bei Abwesenheit von Kreatinin, Inosit und Harnstoff (Cyprinus carpio, Perca fluviatilis).

Kreatinin

neben Kreatin und Hypoxanthin, bei Abwesenheit von Inosit und Harnstoff (Pelamys sarda);

neben Hypoxanthin, bei Abwesenheit nachweisbarer Mengen Kreatins, von Inosit und Harnstoff (Thynnus vulgaris).

Inosit

neben Kreatin und Hypoxanthin, bei Abwesenheit von Kreatinin und Harnstoff (Testudo marginata);

neben Hypoxanthin, bei Abwesenheit von Kreatin, Kreatinin und Harnstoff (Muskelmagen vom Huhne etc.);

neben Taurin, bei Abwesenheit von Kreatin, Kreatinin und Harnstoff (Eledone moschata).

Hypoxanthin

neben Kreatin und Kreatinin bei Abwesenheit von Inosit und Harnstoff (Luvarus imperialis [blasse Muskeln]);

neben Kreatin und Inosit, bei Abwesenheit von Kreatinin und Harnstoff (Herzmuskulatur von Säugethieren);

neben Kreatin und Harnstoff, bei Abwesenheit von Kreatinin und Inosit (Squatina angelus);

neben Kreatin, bei Abwesenheit von Kreatinin, Inosit und Harnstoff (Trigla hirundo, Amphioxus lanceolatus).

Harnstoff

neben Kreatin und Hypoxanthin, bei Abwesenheit von Kreatinin und Inosit (Mustelus vulgaris);

neben Kreatin, bei Abwesenheit von Kreatinin, Inosit und Hypoxanthin (Torpedo marmorata).

Ausschließlich, d. h. ohne mit der einen oder andern dieser Substanzen im Vorkommen vergesellschaftet zu sein, fand sich das Hypoxanthin bei Anthea viridis und (aber inconstant) in den Muskeln von Krebsen (Homarus)[1]).

---

[1]) Die Versuche, aus den Krebsmuskeln einen organischen, gut charakterisirten und krystallisationsfähigen Körper abzuscheiden, sind (ausgenommen den Nachweis des Hypoxanthins) bislang alle fehlgeschlagen. Da sowohl Kreatin, Kreatinin, Inosit und Xanthin wie Taurin, Glycocholl und Harnstoff — trotzdem ich über ein Pfund reinen Hummerfleisches zur Verarbeitung benutzte — in den Muskelextracten ständig vermißt wurden, so läßt sich kaum errathen, welcher Natur die voraussichtlich in reichlicher Menge darin vorhandene krystallisationsfähige Substanz sein wird. Das

Daß in gewisser Weise[1]), unabhängig von der Gegenwart des einen oder andern dieser Körper auch im lebenden Organismus die organischen Excretstoffe, wie Harnsäure, Harnstoff und Guanin entstehen können, mag folgende Erweiterung unserer Uebersicht lehren:

Harnsäure

neben Kreatin, Inosit und Hypoxanthin, bei wahrscheinlicher Abwesenheit von Taurin und Kreatinin (bei Vögeln);

neben Hypoxanthin, bei Abwesenheit von Inosit, Kreatin, Kreatinin und wahrscheinlich auch von Taurin (Melolontha);

neben Taurin, bei Abwesenheit von Kreatin und Kreatinin (Sepia officinalis).

Harnstoff

neben Kreatin, Inosit und Hypoxanthin (Säugethiere);

neben Hypoxanthin, bei Abwesenheit von Kreatin, Kreatinin und Inosit (Insecten, Krebse).

Guanin

neben Kreatin, Hypoxanthin und Harnstoff, bei Abwesenheit von Inosit (Selachier);

neben Kreatin und Hypoxanthin, bei Abwesenheit von Inosit und nachweisbarer Harnstoffmengen (Teleostier);

neben Taurin, bei Abwesenheit von Kreatin, Kreatinin, Inosit und größerer Harnstoffmengen (Octopus vulgaris, Buthus occitanus [?], Scorpio murensis [?]).

---

eine solche auch in den Krebsmuskeln existirt, nur post mortem sehr rasch weiter zersetzt wird, macht mir der Nachweis eines propylaminartigen Körpers in dem Fleische des Flußkrebses durch *Wittstein* (Vierteljahrsschr. f. pract. Pharmacie. Bd. VIII. S. 35) wahrscheinlich. Glycogen fehlt, wie schon *Claude Bernard* wußte, *O. Nasse* und ich bestätigten, auch im Krebsfleische nicht.

[1]) Es scheint nach meinen Untersuchungen, als ob überall da, wo Guanin im Organismus selbst gebildet und diesem nicht als solches von außen zugeführt wird, auch Taurin zugegen ist.

Das erforderliche Untersuchungsmaterial, welches die vergleichende Physiologie für den Nachweis verlangt, daß die Bildung des Kreatins, Kreatinins, Hypoxanthins, Glycogens, Inosits, Harnstoffs, der Harnsäure und des Guanins im lebenden Organismus unabhängig geschehen kann, daß die Entstehung des einen Körpers nicht die Gegenwart irgend einer anderen dieser Substanzen nothwendig voraussetzt, daß z. B. das Kreatin zu seiner Bildung nicht die Anwesenheit des Kreatinins, die der Harnsäure nicht die des Hypoxanthins oder Inosits etc. etc. verlangt, daß im Organismus z. B. das Kreatin nicht in einen ganz bestimmten Körper jedesmal überzugehen braucht, — das erforderliche Untersuchungsmaterial, sage ich, zur Entscheidung dieser wichtigen Fragen ist schon jetzt fast vollständig herbeigeschafft, und der Beweis dafür, daß in den lebenden Wesen die Processe, welche zur Bildung des Kreatins, Hypoxanthins, Inosits, Taurins und Harnstoffs führen, von einander durchaus unabhängig verlaufen können, ist von der vergleichenden Physiologie bereits geliefert.

Berichtigung.

In der Erklärung zu Taf. III auf S. 19 ist unter Fig. 1 statt „Leber (n), Niere", „Leber (*l*), Milz (*n*)" zu lesen.

Inhalt der vierten Abtheilung.

Seite.

Beiträge zur Anatomie und Physiologie von Luvarus imperialis *Raf.*

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

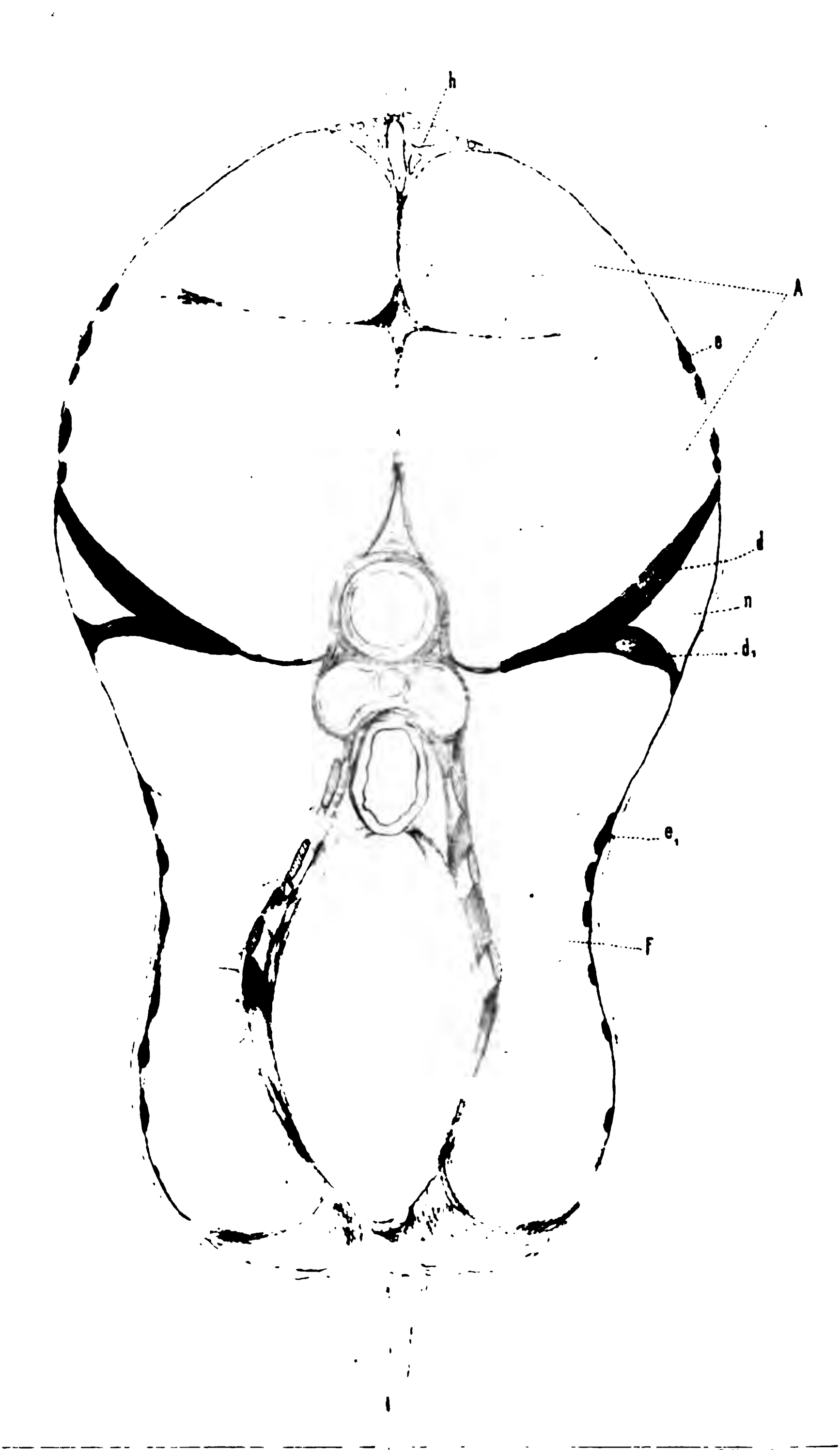

h
A
e
d
n
d_1
e_1
F

Fig. 1.

n. olf.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 6.

t

g'

e'

n'

B

m

c

o

h

y

Fig. 8.

c'

o'

t

del.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

C. Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.

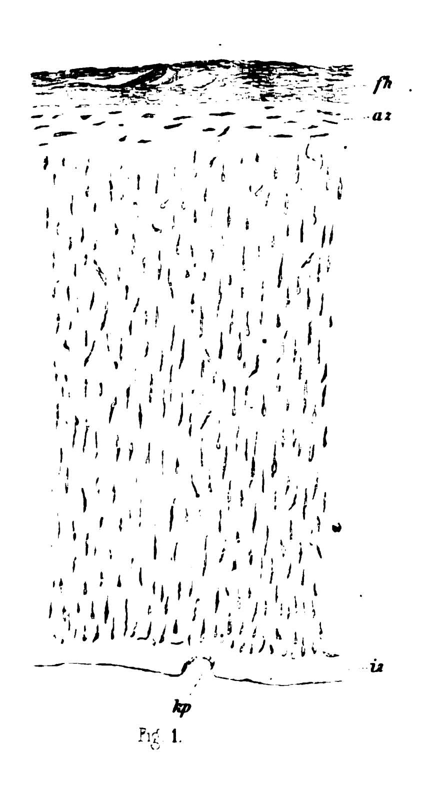


Fig. 1.

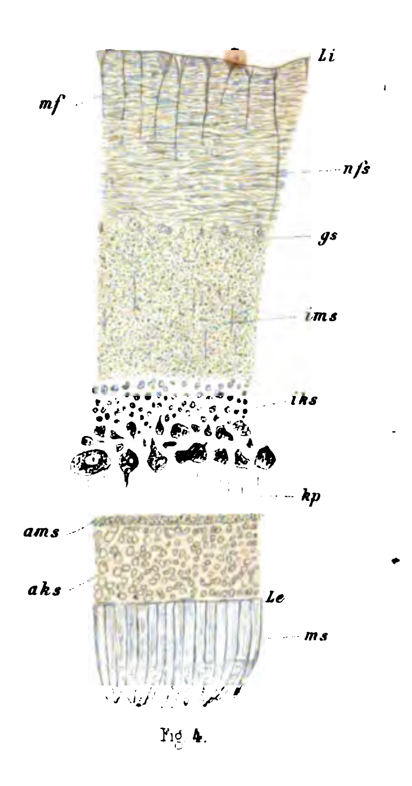


Fig. 4.

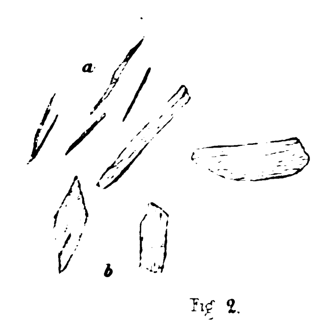


Fig. 2.

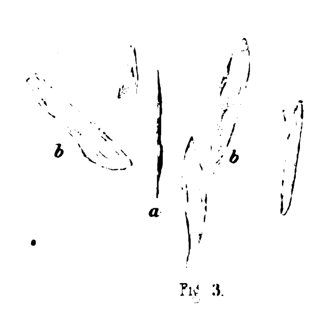


Fig. 3.

...ger del.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

VERGLEICHEND-PHYSIOLOGISCHE STUDIEN.

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

VON

Dr. C. FR. W. KRUKENBERG.

FÜNFTE ABTHEILUNG.

MIT I HOLZSCHNITT UND 3 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1881.

Zur Kenntniß der organischen Bestandtheile der thierischen Gerüstsubstanzen.

Erste Mittheilung.

Unsere Kenntnisse von dem Verhalten des organischen Substrates der thierischen Gerüstsubstanzen sind im Laufe der Jahre ziemlich weit vorgeschritten[1]). Wir kennen von sehr vielen dieser Stoffe die quantitative Zusammensetzung, einige ihrer wohl charakterisirten Zersetzungsproducte, welche besonders durch Einwirkung verdünnter Säuren aus ihnen hervorgehen, ihr Verhalten beim Kochen mit Wasser, und ihre mehr oder weniger große Resistenzfähigkeit gegen Alkalien und concentrirte Säuren ist ebenfalls wiederholt untersucht. Zwei Puncte sind bislang aber fast ganz ununtersucht gelassen, und diese machte ich deshalb vorzugsweise zum Gegenstande meines Studiums. Wir kennen nämlich erstens nicht das Verhalten der meisten animalischen Stützgewebe den Verdauungssäften gegenüber, und zweitens wissen wir nicht, ob dieselben beim Eindampfen mit concentrirten Säuren, speciell mit Salzsäure, ein ebenso gut charakterisirtes Zerfallsproduct liefern wie das Chitin. Letzteres, von *Ledderhose* beim Chitin mit so viel Glück zuerst angewandte Verfahren, veranlaßte mich ganz besonders, die vorliegende Arbeit in Angriff zu nehmen.

So gut wie völlig unbeachtet blieb von den, in großer Menge und mühelos zu erhaltenden thierischen Gerüstsubstanzen die-

---

[1]) Vgl. die Literaturverzeichnisse in den Hand- resp. Lehrbüchern der physiologischen Chemie von *Gmelin, Schloßberger* und *Gorup-Besanez.*

jenige der Gorgonen, was um so mehr überraschen muß, als sie in jedem größern zoologischen Museum zu finden und in allen Städten am Mittelmeere feil geboten wird. Von den chemischen Eigenschaften der organischen Bestandtheile der Stützsubstanz des Gorgonenkörpers[1]) wissen wir ganz ausnehmend wenig, und ich beginne daher mit der Beschreibung der Ergebnisse meiner Untersuchungen über das

Corneïn.

Die einzigen, höchst knappen Angaben über die chemische Beschaffenheit des hornartigen, baumförmig verästelten Achsenskelets der Gorgonen (Sklerobasis *Milne Edwards'*) verdanken wir *Fremy* und *Valenciennes.*

Nach *Fremy*[2]) bietet die Substanz, aus welcher die Gorgonenachse besteht, eine Analogie mit dem Conchiolin; er gebraucht deshalb auch für beide Stoffe von so verschiedener Herkunft ein und dieselbe Bezeichnung. Er fand das Conchiolin der Gorgonen schwefelfrei und folgendermaßen zusammengesetzt:

---

[1]) Ueber die Genese der Hornachse von Gorgonia verrucosa sowie der von Antipathes haben vor Kurzem die Arbeiten *G. von Koch's* (Mittheilungen über Cölenteraten. Zur Phylogenie der Antipatharia. Morphol. Jahrb. Bd. IV. Suppl. 1877. S. 74—86. Mittheilungen über Gorgonia verrucosa *Pall.* Ibid. Bd. IV. S. 269—278) einen werthvollen Aufschluß ertheilt. Nach *v. Koch's* Untersuchungen entsteht das Achsenskelet von Gorgonia verrucosa nicht durch Verhornung der Bindesubstanz des Cönenchyms, sondern es ist ein Ausscheidungsproduct der Achsenepithelzellen, und ebenso wird auch das Binnenskelet bei Antipathes „von einer Zellschicht (Achsenepithel) ausgeschieden, welche sich innerhalb der dünneren Bindesubstanzlamelle, die eine Fortsetzung der Polypenwand ist, befindet und weder mit Ectoderm noch mit Entoderm in Verbindung steht". Zugleich enthalten *v. Koch's* citirte Arbeiten eine ausführliche Beschreibung der Farbe und Textur der Gorgonen- wie Antipathesachsen, deren Kenntniß ich deshalb um so mehr im Folgenden voraussetzen darf.

[2]) *Fremy, E.,* Recherches chimiques sur les os. Ann. de chim. et de physique. 3e Sér. T. 43. 1855. p. 97.

$$
\begin{aligned}
C &= 49.4 \\
H &= 6.3 \\
N &= 16.8 \\
O &= 27.5 \\
\hline
& \ 100.0.
\end{aligned}
$$

Beim Kochen mit Wasser gab der Gorgonenstil keine Gelatine, und er widerstand lange der Einwirkung von Säuren und Alkalien. Es kann, sagt *Fremy*, dieser Körper unmöglich ein Eiweißstoff sein.

Valenciennes[1]) wies zugleich darauf hin, daß der organische Bestandtheil der Gorgonenachse nicht identisch ist mit dem Horne, aus welchem die Nägel, Hufe und Hörner von Säugethieren bestehen. Es sei eine Substanz eigner Art, welche *Valenciennes* Corneïn zu nennen vorschlägt, obgleich sie dem Horne zwar nicht ähnlicher sei als das Chitin der Gliederthiere; sie löse sich selbst in warmer Kalilauge nicht, dagegen aber in concentrirterer beim Kochen.

Ich verfügte über 250 gr. Gorgonenstämme (Gorgonia verrucosa), welche ich in Mentone, und über 330 gr. Antipathes-Achsen, welche ich auf der Santa Lucia in Neapel käuflich erworben hatte; außerdem standen mir noch einige 50 gr. vom Achsenskelet einer Gorgonia flabellum zur Verfügung.

Der organische Bestandtheil der Gerüstsubstanz von den Gorgonen scheint von dem der Antipathesstengel nicht wesentlich abzuweichen; beide waren durchaus unverdaulich in gemischtem Speichel, in starken Pepsin- (0.1—0.2 % HCl) und Trypsinlösungen, — in letzteren sowohl bei neutraler wie alkalischer (2 % CO_3Na_2) Reaction, — auch wenn sie zuvor mit Säuren behandelt waren. Von den getrockneten Gorgonenachsen ist das

[1]) *Valenciennes*, Extrait d'une monographie de la famille des Gorgonidées de la classe des Polypes. Compt. rend. T. 41. 1855. p. 11.

aufsitzende Cönenchym nicht leicht zu entfernen, selbst nach tagelangem Liegen der Stücke in verdünnter oder concentrirter Salzsäure bedarf es dazu noch eines größern Kraftaufwandes; leicht und vollständig blättert es dagegen in den Pepsinlösungen ab, indem die Kittsubstanz (vielleicht das Achsenepithel *G. v. Koch*'s) durch Pepsin verdaut wird.

Nach halbtägigem Kochen mit Wasser lieferten die Achsenskelete von Antipathes und den Gorgonen keinen Leim; etwas schien dabei aber in Lösung gegangen zu sein, was schon die gelbbraune Färbung, welche das Wasser angenommen hatte, andeutete. Das filtrirte Wasserextract der Achsen von Gorgonia verrucosa wurde gefällt durch Gerbsäure, Alaun, Ferrocyankalium, durch Kaliumchromat wie Kaliumdichromat und gab die *Millon*'sche Reaction in ausgeprägtem Grade; klar blieb die Lösung dagegen nach Zusatz von neutralem oder basisch essigsaurem Blei, von Essigsäure oder Natronlauge, und auch beim Eintröpfeln der Flüssigkeit in absoluten Alkohol entstand keine Trübung. Mit Natronlauge und Kupfervitriol färbte sich der wäßrige Auszug violett und beim Kochen trat keine Reduction des Kupfersalzes ein. Es unterliegt keinem Zweifel, daß wohl ausschließlich geringe Mengen von Eiweißstoffen in's Wasser übergegangen waren, an welchen die Gorgonenachse aber außerordentlich arm sein muß, da selbst größere Stücke, mit reinem Salpeter und reiner Soda verascht, nur wäßrige Lösungen lieferten, in denen sich auf Zusatz von Chlorbarium und Salzsäure kaum eine Trübung ausbildete. Selbst das getrocknete Cönenchym von Gorgonia verrucosa erwies sich mir, nach derselben Methode geprüft, als sehr arm an Schwefel und somit auch an Eiweißsubstanzen. Reichlich war in den Antipathes- und Gorgonenachsen Stickstoff zugegen, wie durch Glühen der Stengel mit Natronkalk oder Natrium leicht festgestellt werden konnte.

Die Antipathesachse gab beim Schmelzen mit Kali kein In-

dol. Um ganz sicher zu sein, daß nicht etwa der charakteristische Indolgeruch durch den penetranten Laugengeruch verdeckt oder sonstwie unkenntlich gemacht wurde, schüttelte ich die Schmelze anhaltend mit Aether, in welchen das Indol bekanntlich leicht übergeht. Der sehr geringe, gelblich gefärbte Verdampfungsrückstand des ätherischen Auszuges wurde in destillirtem Wasser gelöst und die eine Hälfte des Filtrates mit verdünnter Chromsäure versetzt, die andere Hälfte mit Salzsäure angesäuert und mit einem Fichtenspahn in Berührung gebracht. Bei Chromsäurezusatz war in der Lösung keine Andeutung eines violetten Niederschlages entstanden, und auch das Fichtenholz hatte sich in der angesäuerten Probe nicht geröthet, so daß die völlige Abwesenheit des Indols unter den Zersetzungsproducten, welche beim Schmelzen der Antipathes- oder Gorgonenachsen mit Kali entstehen, durch diese Reactionen erwiesen ist.

Das Achsenskelet von Antipathes und den Gorgonen bläht sich, auf einem Platinbleche geglüht, unbedeutend auf, verkohlt und läßt schließlich eine ziemlich weiße Asche zurück. Bei mehrstündigem Kochen mit Natronlauge löst sich die organische Grundsubstanz der Achse beider Thierclassen auf, und auch in kaltem Vitriolöl erfolgt die Verflüssigung der Masse verhältnißmäßig rasch. — Die Antipathesstengel werden nach anhaltendem Reiben mit Wolle nicht electrisch.

Nachdem ich mich, wie angegeben wurde, überzeugt hatte, daß das organische Substrat sowohl der Gorgonenstiele als der Antipathesachsen schwefelfrei, aber stickstoffhaltig ist, versuchte ich daraus krystallisirte Zersetzungsproducte zu gewinnen. Es schien mir rathsam, mit möglichst vielem Materiale die Untersuchungen vorzunehmen, und ich kochte deshalb die gesammte Menge der noch vorhandenen Antipathesachsen (über 300 gr.) mit concentrirter Salzsäure; die durch tagelanges Behandeln mit kalter Salzsäure gereinigten Sklerobasen von Gorgonia verrucosa da-

gegen kochte ich sechs Stunden lang (unter Anwendung eines Rückflußkühlers) mit einer Mischung von 1 Vol. Schwefelsäure und 4 Vol. Wasser.

Die Antipathesstengel hatten sich in der siedenden Salzsäure nach einer Stunde vollständig gelöst und hinterließen beim Abdampfen der Lösung auf dem Wasserbade eine braunschwarze, syrupöse Masse. Eine Probe des Rückstandes wurde mit Wasser behandelt, in welchem sich dieselbe leicht und vollständig löste; die eine Hälfte der Lösung wurde mittelst Kalkwasser auf Oxalsaure, die andere Hälfte mittelst der *Trommer*'schen Probe auf Zucker und Glykosamin geprüft: alle drei Stoffe fehlten darin. Der übrige Theil des Verdampfungsrückstandes wurde mit siedendheißem Alkohol ausgezogen, wobei sich ein großer Theil der Masse im Alkohol mit gelbbrauner Farbe löste. Vom Rückstande gingen beim Auskochen mit neuen Alkoholportionen immer noch so bedeutende Mengen in diesen über, daß mir das ganze, aus dem Corneïn durch Salzsäure erhaltene Product wennschon schwer, so doch vollkommen löslich in heißem Alkohol zu sein scheint. Die alkoholischen Extracte wurden auf dem Wasserbade zur Trockne verdampft; der Rückstand war sehr hygroskopisch, enthielt Chlornatrium (z. Th. in zierlichen Sternformen) und Prismen eines andern anorganischen Salzes in Krystallen ausgeschieden. Daneben fanden sich Kugeln von geringem Lichtbrechungsvermögen und z. Th. von strahligem Baue, welche kaum etwas anderes als Leucin gewesen sein können, aber in der, für chemische Reactionen erforderlichen Reinheit nicht zu erhalten waren; Einzelkrystalle oder Krystallaggregate, welche irgendwie an Tyrosin erinnert hätten, waren mikroskopisch darin durchaus nicht zu entdecken. Ein Theil des alkoholischen Verdampfungsrückstandes wurde in Wasser gelöst: in der wäßrigen Lösung bildete sich auf Zusatz von Quecksilberchlorid ein starker Niederschlag, der fast allen Farbstoff mit sich nahm; auch durch basisch essigsaures

Blei, Ferrocyankalium (Berlinerblau-Niederschlag) und Gerbsäure entstand eine Fällung, welche bei Gerbsäurezusatz aber erst allmälig eintrat und nicht so stark als die durch das Blei- oder Quecksilbersalz hervorgerufene war. Nicht gefällt wurde die Flüssigkeit durch Alaun, neutrales Bleiacetat und durch schwefelsaures Aluminium.

Zwei Methoden schienen mir besonders geeignet zu entscheiden, ob der alkoholische Verdampfungsrückstand mehr als einen organischen Körper in amorpher Form und größrer Quantität enthalte oder nicht. Sowohl auf dialytischem Wege als durch Fällen der alkoholischen resp. wäßrigen Lösung des Rückstandes mit Aether oder einem ähnlichen Stoffe ließ sich ein brauchbares Ergebniß in dieser Beziehung erwarten. Die eine Hälfte des alkoholischen Verdampfungsrückstandes wurde zum Zweck der Dialyse in Wasser gelöst, die Lösung in Schläuche aus Pergamentpapier gegossen, diese in hohe, mit Wasser gefüllte Glascylinder gesenkt und der dialytische Vorgang 2 bis 3 Tage lang unterhalten. Die andere Hälfte dagegen wurde in absolutem Alkohol heiß gelöst und darauf mit viel Aether versetzt; der dabei entstandene Niederschlag wurde heiß und rasch abfiltrirt, das Filtrat auf dem Wasserbade eingedampft und wie der Rückstand auf dem Filter mit Wasser aufgenommen. In der That gelang es so, wie aus beistehender Zusammenstellung ersichtlich werden wird, in jedem der beiden Fälle zwei wäßrige Lösungen zu erhalten, die nicht genau dieselben Reactionen gaben.

A. Dialysirte Hälfte.

a) Durch Eindampfen concentrirtes Dialysat:

Quecksilberchlorid = ganz minimale Trübung,
Gerbsäure = keine Fällung.

Im Uebrigen verhielt sich die Lösung wie die aus dem alkoholischen Verdampfungsrückstande direct bereitete.

b) Rückstand im Dialysor verhält sich wie die aus dem alkoholischen Verdampfungsrückstande direct angefertigte wäßrige Lösung.

B. Mit Aether in alkoholischer Lösung versetzte Hälfte.

a) Wäßrige Lösung des Niederschlags:

Quecksilberchlorid	=	starke Fällung,
basisch essigs. Blei	=	„ „ ,
neutrales „ „	=	keine „ ,
Gerbsäure	=	schwache „ ,
Kaliumchromat	=	keine „ ,
Ferrocyankalium	=	unbedeutend flockiger Niederschlag ohne Blaufärbung.

b) Wäßrige Lösung des Verdampfungsrückstandes vom Filtrate:

Quecksilberchlorid	=	keine Fällung,
basisch essigs. Blei	=	starke „ ,
neutrales „ „	=	keine „ ,
Gerbsäure	=	tintenartig gefärbter flockiger Niederschlag.
Ferrocyankalium	=	Berlinerblau-Niederschlag.
wenig oder viel Essigsäure, Natronlauge, wenig oder viel Alaun	=	keine Fällung.

Es scheinen demnach in jener syrupösen Masse, in welche das Corneïn der Antipathesachse bei Behandlung mit siedender concentrirter Salzsäure überging, mindestens zwei verschiedene organische Substanzen enthalten zu sein, von denen die eine wenig fest gebundenes (durch Gerbsäure und Ferrocyankalium direct nachweisbares) Eisen enthält, indiffusabel ist und aus der heißen alkoholischen Lösung durch Aether nicht gefällt wird, die

andere dagegen, wenigstens frei von lose gebundenem Eisen, ist diffusabel und wird durch Aether aus der heiß angefertigten alkoholischen Lösung gefällt.

Ich werde kaum zu bemerken nöthig haben, daß das zur Ausführung dieser Reactionen verwendete Material nur einen sehr geringen Bruchtheil von dem gesammten, bei Behandlung des Antipathesachsenskelets mit concentrirter Salzsäure erhaltenen Verdampfungsrückstandes darstellt; die einzelnen, theils durch Alkohol und Aether, theils dialytisch daraus abgeschiedenen Portionen, welche mit nichts anderm weiterhin behandelt waren, wurden jetzt wieder vereinigt; denn es handelte sich noch darum, in Erfahrung zu bringen, ob es möglich sei, aus den vorerst in concentrirter Salzsäure gelösten und damit eingedampften Antipathesstengeln durch nachfolgende Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 4 Vol.) Tyrosin oder Glykosamin abzuspalten.

Die beim Abdampfen der wäßrigen resp. alkoholischen Lösungen erhaltene syrupöse Masse wurde, unter Anwendung eines Rückflusskühlers, mit der verdünnten Schwefelsäure 7 Stunden hindurch gekocht; darauf wurde die Lösung auf dem Wasserbade möglichst entwässert und zwei Tage lang in einem fest verschlossenen Gefäße ruhig stehen gelassen. Die Krystalle, welche sich während dieser Zeit aus der Schwefelsäure abgeschieden hatten, waren rein anorganischer Natur, vorwiegend Calciumverbindungen. Die saure Flüssigkeit wurde mit Bariumcarbonat übersättigt, mit Wasser ausgekocht, die Lösung filtrirt und auf dem Wasserbade bis auf ein geringes Volum eingedampft. Da sich trotz wochenlangen Stehens kein Tyrosin abgeschieden hatte, so wurde die Flüssigkeit bis zur Syrupsconsistenz eingedickt und der Rückstand mit absolutem Alkohol ausgekocht. Der eingedampfte, leicht gelblich gefärbte alkoholische Rückstand enthielt fast ausschließlich Leucin, welches durch wiederholtes Umkrystallisiren aus siedendem Alkohol rein erhalten wurde und folgendes Ver-

halten zeigte. Es hatte sich in kreisförmigen Scheiben mit scharfen, dunkelrandigen Contouren und in concentrisch angeordneten, rosettenförmigen Krystallgruppen ausgeschieden; in einem Probirröhrchen langsam erwärmt, sublimirte es in den bekannten weißen Flocken, während der Rest unter starker Bräunung zu ölartigen Tropfen zusammenfloß. Auch die *Scherer*'sche Reaction gelang an dem gereinigten Präparate gut.

Der mit Alkohol ausgekochte Rückstand wurde mit Wasser aufgenommen; die filtrirte Lösung gab folgende Reactionen: Sie wurde gefällt durch neutrales und basisches Bleiacetat, durch Quecksilberchlorid, durch Alaun (Niederschlag zum größten Theil im Ueberschuß des Fällungsmittels löslich), durch Gerbsäure, nur unvollkommen durch Essigsäure + Ferrocyankalium; sie gab nicht die *Millon*'sche Reaction und blieb klar auf Zusatz von Natronlauge, Essigsäure, Kaliumchromat und Kaliumdichromat. Aus diesem Verhalten, verglichen mit dem der entsprechenden Lösungen, welche aus den Gorgonenachsen und dem Conchiolin von mir gewonnen wurden, wird es mehr als wahrscheinlich, daß ein Substanzgemisch und kein einfacher organischer Körper sich in der Lösung befand.

Wie ich bereits erwähnte, wurde das Achsenskelet von Gorgonia verrucosa direct mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 4 Vol.) mehrere Stunden lang gekocht, wobei es sich vollkommen löste, und die Flüssigkeit auf dem Wasserbade möglichst concentrirt. Als ich tags darauf die so entwässerte Lösung umgoß, bemerkte ich darin einen bedeutenden Bodensatz, welcher sich aus perlmutterglänzenden Flitterchen zusammensetzte und schon vom unbewaffneten Auge als krystallisirt erkannt wurde.

Unter dem Mikroskope (bei *Hartnack* 4, Ocular 3) betrachtet, erwiesen sich die in concentrirter Schwefelsäure aufbewahrten Kryställchen als eigenthümlich dachziegelförmig geschichtet (Fig. oben auf Tafel 1); bei einigen derselben sahen die Randpartien

wie angefressen aus, die einzelnen Lamellen griffen deutlich rinnenförmig übereinander. Bisweilen war ein deutlicher Krystallisationskern in der Mitte zu erkennen (Fig. *a, b*), welcher, wenn die Krystalle auf der Kante standen, sich oft deutlich hervorwölbte (Fig. *c*). Dieser rundliche Körper mitten im Krystalle ist nicht immer wie das übrige schwach rothbraun gefärbt, sondern bisweilen tiefschwarz oder selbst farblos. Trotz ihrer ansehnlichen Länge und Breite — die auf Taf. 1 abgebildeten Formen sind bei weitem nicht die größten, welche beobachtet wurden; ein Krystall von ähnlicher Gestalt als der auf der Tafel mit *a* bezeichnete maß, bei derselben Vergrößerung (*Hartnack* 4, Oc. 3) wie die anderen gezeichnet 16 Ctm. in der Länge und 8 Ctm. in der Breite — haben die Krystalle nur eine sehr minimale Dicke; nur als feine Linien erscheinen die auf der Kante stehenden Kryställchen (Fig. *c*). Die gefärbten Krystalle waren, wie Herr Dr. *Ewald* zuerst erkannte, stets stark doppelbrechend. Alle Versuche, die Krystalle von der Schwefelsäure zu trennen und rein zu erhalten, blieben erfolglos. Beim Verdünnen der Säure mit Wasser oder Alkohol, beim Neutralisiren mit Natronlauge oder Ammoniak zersetzten sich die Krystalle augenblicklich, ja sogar in der concentrirten Schwefelsäure, welche nur einen Tag im Becherglase an der Luft gestanden hatte, war von ihnen nichts mehr zu entdecken, und beim abermaligen Entwässern der Säure auf dem Wasserbade erschienen sie nicht wieder. An den Proben, welche zur mikroskopischen Untersuchung auf einen Objectträger gebracht und durch ein Deckgläschen vor zu starkem Luftzutritt geschützt waren, bemerkte ich, wie allmälig mit zunehmender Wasserbeimischung die Krystalle in schwarze ölige Massen (Fig. *g*) zerflossen, welche stellenweise von cubischen und stäbchenförmigen Krystallaggregaten durchsetzt wurden (Fig. *e*). Außer diesen beobachteten wir aber auch noch ein anderes, sehr seltsames Zersetzungsproduct. Neben den schwarzen Tropfen und Schlieren

lagen zwischen noch wenig versehrten, doppellichtbrechenden Krystallen solche, meist kleinere, — rhomboïdale, seltener hexagonale —, welche vollkommen ungefärbt (Fig. *f*) und, wie Herr Dr. *Ewald* gleichfalls fand, merkwürdigerweise durchgängig isotrop waren. Letztere Formen waren in den frischen Präparaten nicht gesehen, und dieser Umstand scheint uns ebenso wie die Thatsache, daß man Krystalle findet, welche erst zum Theil (Fig. *d*) entfärbt sind, zu dem Schlusse zu berechtigen, daß auch die farblosen, isotropen Krystalltäfelchen Zersetzungsproducte des meist dachziegelförmig struirten Körpers sind, dessen organische Natur Niemand bezweifeln wird, und den ich als **Cornikrystallin** bezeichnen möchte. Durch rasches Einschmelzen des Bodensatzes, bevor die Schwefelsäure Wasser angezogen hatte, in gläserne Röhren gelang es uns, einen Theil der gewonnenen Krystalle zu conserviren; auch die, in Capillarröhrchen für mikroskopische Untersuchungen eingeschmolzenen Krystalle haben sich bis jetzt, obgleich die Präparate schon vor mehreren Monaten angefertigt wurden, theilweise vortrefflich erhalten.

Nachdem das Cornikrystallin aus der Schwefelsäure möglichst vollständig entfernt war, wurde diese mit Wasser verdünnt und mit Witherit überneutralisirt. Der Barytniederschlag wurde mit Wasser wiederholt ausgekocht und die Auskochungen auf dem Wasserbade stark eingedampft. Da sich während ein bis zwei Monaten kein Tyrosin aus der Flüssigkeit abgeschieden hatte, so wurde diese auf dem Wasserbade vollkommen entwässert und der Rückstand mit absolutem Alkohol ausgekocht. Aus dem concentrirten alkoholischen Auszuge schied sich reichlich Leucin ab, welches nicht nur an seinen typischen Krystallaggregaten, sondern auch an seinem, für Leucin charakteristischen Verhalten gegen die angegebenen Reagentien als solches sicher zu erkennen war. Der mit Alkohol ausgekochte Rückstand wurde in Wasser gelöst; das wäßrige Filtrat war fällbar durch neutrales und ba-

sisches Bleiacetat, durch Quecksilberchlorid, Alaun (Niederschlag im Ueberschuß löslich) und unvollkommen auch durch Gerbsäure; es gab die *Millon*'sche Reaction, blieb aber klar auf Zusatz von Natronlauge, Essigsäure, Chromsäure, Essigsäure + Ferrocyankalium, Kaliumchromat und Kaliumdichromat.

Als dieses Manuscript schon druckfertig lag, fand ich noch eine größere Anzahl von Antipathesstengeln, welche ich in gleicher Weise wie die Gorgonenachsen mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 4 Vol.) mehrere Stunden lang kochte, und so die empfindlichste Lücke der vergleichenden Untersuchung beider Stützgewebe nachträglich ausfüllen konnte. Als die Schwefelsäure zu sieden begann, blähten sich die Achsen wulstartig auf, die einzelnen Schichten derselben blättern von einander ab, und nach ein bis zwei Stunden hatte sich alles in der Schwefelsäure gelöst. Neben reichlichen Mengen von Leucin, welches, wie es wohl nicht häufig vorkommen dürfte, z. Th. in großen, dendritisch verzweigten Nadeln, die sich um ein Krystallisationscentrum strahlig gruppirten, krystallisirt war, erhielt ich ebenso wie bei Behandlung der Gorgonenachsen mit verdünnter Schwefelsäure viel Cornikrystallin, welches sich in ganz den nämlichen, auf Taf. I dargestellten Formen ausgeschieden hatte. Der vom Leucin durch Auskochen mit Alkohol gereinigte Neutralisationsrückstand löste sich mit dunkelbraungelber Farbe leicht in Wasser. Die wäßrige Lösung gab auf Zusatz von neutralem essigsaurem Blei einen starken weißen Niederschlag, der abfiltrirt, in Wasser suspendirt und durch Schwefelwasserstoff zerlegt wurde. (Filtrat auf dem Wasserbade concentrirt = Flüssigkeit *A*.) Aus dem Filtrate, welches durch neutrales Bleiacetat nicht mehr gefällt wurde, schied sich auf Zusatz von basisch essigsaurem Blei ein nicht weniger beträchtliches Präcipitat ab, das theilweise grobkörnig und gelblich, z. Th. rein weiß und feiner war; dasselbe wurde gleichfalls mit Wasser verrieben und durch Schwefelwasserstoff zersetzt. (Auf

dem Wasserbade eingedampftes Filtrat liefert den Rückstand *B*.) Die von dem basisch essigsauren Bleiniederschlage abfiltrirte Flüssigkeit wurde concentrirt und endlich auch durch Schwefelwasserstoff entbleit. (Verdampfungsrückstand des Filtrates = *C*.)

In der Flüssigkeit A bildete sich beim Eindampfen eine weiße, in Wasser schwer lösliche krystallinische Kruste, die sich an den stärker erwärmten Stellen fleisch- bis ziegelroth färbte: eine Erscheinung, welche auch bei Concentration der ursprünglichen Schwefelsäurelösung an einzelnen Partien beobachtet wurde. In beiden Fällen wird die Ursache wohl in der Gegenwart ein und desselben, durch neutrales essigsaures Blei fällbaren organischen Körpers gesucht werden dürfen. Rückstand *B* bestand aus einer rothbraunen, amorphen Masse, durchsetzt von einigen Kochsalzkrystallen.

Aus der eingedickten Lösung *C* schieden sich weiße Krystalle von rhombischer Form, theilweise mit gekrümmten Flächen ab, die denen des Glykocoll außerordentlich glichen, beim Glühen keine Asche hinterließen, beim Erwärmen mit Kaliumhydroxyd Ammoniak entwickelten und sich auch beim Schmelzen mit Natrium als reich an Stickstoff erwiesen. Nach einigen Tagen gestand der Rückstand von Lösung *C* zu einem krystallinischen Kuchen; durch Auflösen in sehr wenig Wasser gelang es mir, abermals eine Portion der rhombischen Kryställchen ziemlich rein zu erhalten, deren wäßrige Lösungen mit Eisenchlorid die *Engel*'sche Glykocollprobe[1]), — welche für Glykocoll zwar nicht charakteristisch ist, da sich die essigsauren Salze gegen Eisenchlorid völlig gleich verhalten, — gaben und salpetersaures Quecksilberoxydul schon in der Kälte reducirten. Die Mutterlauge wurde mit frisch gefälltem Kupferoxydhydrat erwärmt; große Mengen von diesem lösten sich darin mit azurblauer Farbe auf; Alkohol fällte die Verbindung. Nach diesen Reactionen ist es wohl sicher,

[1]) Ber. d. d. chem. Ges. in Berlin. Jahrg. VIII. S. 699.

daß neben Cornikrystallin, Leucin, einen durch neutrales essigsaures Blei und einen durch basisch essigsaures Blei leicht fällbaren Körper auch viel Glycin unter den Zersetzungsproducten, welche sich aus dem Corneïn durch Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure bei längerem Erwärmen bilden, auftritt; es würde dasselbe voraussichtlich auch bei Behandlung der Gorgonenachsen mit verdünnter Schwefelsäure von mir gefunden worden sein, wenn ich den Verdampfungsrückstand darauf untersucht haben würde[1].

Obgleich Antipathes zu den Zoantharien (Polyactinien *Ehbg.* exp.) und Gorgonia zu den Alcyonarien (Octactinien *Ehbg.*) gehört, so ist doch, wie sich aus dem Vorstehenden ergibt, die organische Stützsubstanz bei beiden, verschiedenen Ordnungen zugetheilten Anthozoënarten chemisch ein und dieselbe.

Einige Gramme der, durch schwache Salzsäure entkalkten, von Herrn Professor *von Koch* in Darmstadt vom Cönenchym sorgfältig gereinigten Träger der Funiculina quadrangularis *Pall.*, einer Pennatulide, lieferten mir nach sechsstündigem Kochen mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 4 Vol.) gleichfalls die, durch neutrales Bleiacetat, die, durch basisch essigsaures Blei fällbare Substanz neben Leucin und dem, von mir als Glykocoll ange-

---

[1]) *G. Stædeler* (Unters. über das Fibroïn, Spongin u. Chitin, nebst Bemerkungen über den thier. Schleim Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 111. 1859. S. 12—28) entdeckte, daß aus dem Spongin, der organischen Stützsubstanz des Badeschwamms, nach zehnstündigem Kochen mit verdünnter Schwefelsäure neben Leucin viel Glykocoll entsteht. Ich habe seine Untersuchungen an anderen Spongienarten (Suberites lobatus und massa, Aplysina aërophoba) wiederholt und finde seine Angaben auch auf diese anwendbar. Tyrosin war dabei nicht gebildet, dagegen reichlich Leucin, welches aus dem Verdampfungsrückstande der neutralisirten Flüssigkeit mit siedendem Alkohol extrahirt wurde. Der mit Alkohol ausgekochte Rückstand wurde durch neutrales und basisch essigsaures Bleiacetat gereinigt, durch Schwefelwasserstoff entbleit. Die Lösung enthielt viel Glycin, wie ich nach dem Verhalten ihres organischen, krystallisirten Bestandtheiles gegen Kupferoxydhydrat etc. annehmen zu müssen glaube.

sprochenen organischen Körper. Zweifellos der zu geringen Substanzmenge wegen hatte sich kein Cornikrystallin ausgeschieden; schwarze, mit feinen Krystallnädelchen besetzte amorphe Massen, welche beim Entwässern der schwefelsauren Lösung entstanden waren, wiesen jedoch auch hier auf sein Vorhandensein unter den Spaltungsproducten hin.

Conchiolin.

Ungleich besser orientirt als in Betreff des Corneïns sind wir besonders seit *Schloßberger*'s[1]) Untersuchungen über den von *Fremy*[2]) als Conchiolin bezeichneten Körper, welcher den vorwiegenden Bestandtheil der organischen Stütz- und Gerüstsubstanzen von Lamellibranchiaten, Gastropoden und auch von Cephalopoden ausmacht. Die Eigenschaften des Conchiolin bei verschiedenen Vertretern des Molluskentypus unterliegen in gleicher Weise wie die des glutingebenden Bindegewebes bei verschiedenen Vertebraten gewissen Schwankungen; auch bei ein und derselben Muschelspecies (z. B. bei der Auster) stellt die als Conchiolin bezeichnete Substanz ein Gemisch sicherlich aber von chemisch sehr nahe verwandten Stoffen dar, welche vorzugsweise nur eine verschiedene Resistenzfähigkeit gegen Säuren und Alkalien auszeichnet.

Wie bekannt ist das Conchiolin ein schwefelfreier, aber stickstoffhaltiger Körper, dessen procentige Zusammensetzung von *Fremy* und *Schloßberger* folgendermaßen angegeben wird:

[1]) *Schloßberger, J. E.*, Die Chemie der Gewebe. Leipzig u. Heidelberg. 1856. Erste Abtheilung. S. 243—251. — Derselbe, Zur näheren Kenntniß der Muschelschalen, des Byssus und der Chitinfrage. Ann. d. Chem. u. Pharmac. Bd. 98. 1856. S. 99—120.

[2]) *Fremy, E.*, Recherches chimiques sur les os. Compt. rend. T. 39. 1854. p. 1058 u. 1059. — *Fremy, E.*, Recherches chimiques sur les os. Ann. de Chim. et de Phys. 3ᵉ Sér. T. 43. 1855. p. 96—98.

	Fremy.	*Schloßberger.*
C	= 50.0	50.7
H	= 5.9	6.5
O	= 17.5	26.8—27.7
N	= 26.6	16.0—16.7.

Das Conchiolin ist unlöslich in Wasser, Weingeist, Aether, sehr verdünnter Salzsäure und läßt sich auf diese Weise reinigen; es löst sich davon bald mehr, bald weniger in kochender Natronlauge mit gelbbrauner Farbe, und von Vitriolöl wird es in der Kälte wenig angegriffen.

In den leeren Eihüllen von Murex fand ich ein ausgezeichnetes Object, die Eigenschaften des Conchiolins näher festzustellen. Nach angegebener Art gereinigt, verhalten sich die Eihüllen, wie es von *Schloßberger* für die braunen, aus Austerschalen erhaltenen Häute angegeben ist. Sie erwiesen sich nach sechsstündigem Kochen mit concentrirter Natronlauge als wenig verändert und hatten sich, fein zerschnitten, in kaltem Vitriolöl zum größten Theile noch nicht nach 8 Tagen verflüssigt; ein, Kupfersulfatlösung in alkalischer Lösung beim Kochen reducirender Körper war durch die kalte concentrirte Schwefelsäure aus dem, in Lösung gegangenen Theile der Eischalen gebildet. Auch der, in siedender Natronlauge unlöslich gebliebene Rest löste sich in kaltem Vitriolöl nur unvollkommen und gab damit gleichfalls einen reducirenden Körper. Zum Nachweis des Zuckers war die Schwefelsäure durch Bariumcarbonat neutralisirt worden, der Barytniederschlag wiederholt mit Wasser ausgekocht und das concentrirte wäßrige Filtrat auf Zucker nach der *Trommer*'schen Probe geprüft, — wobei zwar eine Reduction des Kupfersalzes erfolgt war, die Lösung aber ihrer intensiven Färbung und ihres geringen Reductionsvermögens wegen nicht mittelst anderer Methoden auf Zucker näher geprüft werden konnte; nur Das ließ sich feststellen, daß in ihr bei Gegenwart von kohlensaurem

Natrium auch basisch salpetersaures Wismuth durch Kochen desoxydirt wurde.

Die gereinigten Eihüllen blieben bei 38—40° C. in sonst äußerst wirksamen Pepsin- (bei Zusatz von 0.2 procentiger Salzsäure) und Trypsinlösungen (bei neutraler wie alkalischer [2 procentige Sodalösung] Reaction) durchaus unverändert und wurden, wie wohl vermuthet werden durfte, auch durch gemischten Speichel nicht angegriffen; auf dem Platinbleche erhitzt, verkohlten sie, ohne zu schmelzen und ohne sich aufzublähen; mit Kali in einem Platingefäße geschmolzen, entwickelten sie keinen Geruch nach Indol, von welchem sich die Schmelze auch nach den S. 5 angegebenen Reactionen als frei erwies. Nach einem 12 Stunden lang fortgesetzten Auskochen der Eischalen mit Wasser im offenen Porzellangefäße war kein leimartiger Körper in das Wasser übergegangen.

Es lag mir vor allem daran zu wissen, ob das Conchiolin ebenso wie das Chitin bei anhaltendem Kochen mit concentrirter Salzsäure in salzsaures Glykosamin übergehe, oder ob es, wie das Corneïn, bei dieser Behandlung als nachweisbares, krystallisirtes, organisches Zersetzungsproduct Leucin liefere. Deshalb wurde die gesammte, von mir zusammengebrachte und gereinigte Masse von leeren Murexeierschalen, über 150 gr., vorerst mit Salzsäure über freiem Feuer im offenen Gefäße einige Stunden lang gekocht, wobei ein humusartiger Rückstand blieb, und darauf mit der Salzsäure eingedampft. Der Verdampfungsrückstand, sich in Wasser mit tief dunkelbrauner Farbe lösend, wurde mit siedendem Alkohol, in welchen er fast vollständig überging, aufgenommen und auf dem Wasserbade eingedampft. In ihm waren nur die für Leucin charakteristischen Krystallgruppen zu erkennen; Glykosamin, Zucker, Oxalsäure und Tyrosin fehlten darin wie in dem direct bereiteten wäßrigen Auszuge des salzsauren Verdampfungsrückstandes durchaus. Um zu entscheiden, ob auch in diesem Falle ein Gemisch von amorphen,

organischen Materien vorlag, wurde ein Theil des alkoholischen Verdampfungsrückstandes dialysirt. Das concentrirte Dialysat wurde gefällt durch neutrales und basisches Bleiacetat, unvollkommen durch Natronlauge wie chromsaures Kalium, und auch nach Gerbsäurezusatz bildete sich in der Flüssigkeit, aber erst allmälig, eine geringe Trübung; klar blieb die Lösung hingegen bei Zusatz von wenig und viel Alaun, von Quecksilberchlorid oder von Essigsäure und gab nicht die *Millon*'sche Reaction. Kupfersulfat mit Natronlauge erzeugten in der Flüssigkeit eine deutliche Röthung, eine Reduction des Kupfersalzes erfolgte beim Kochen jedoch nicht. Der im Dialysor gebliebene Rückstand trübte sich auf Zusatz von Ferrocyankalium, Quecksilberchlorid — es entstand ein braungelber, flockiger Niederschlag —, chromsaurem wie dichromsaurem Kalium und allmälig auch auf Zusatz von Gerbsäure; nicht gefällt wurde derselbe durch neutrales oder basisches Bleiacetat, durch wenig oder viel Alaun und durch Essigsäure. Die Flüssigkeit gab nicht die *Millon*'sche Reaction, und Kupfersulfat wurde beim Kochen in alkalischer Lösung von ihr nicht reducirt. Eine Uebereinstimmung der aus dem Conchiolin durch Salzsäureeinwirkung entstandenen Zersetzungsproducte mit denen, welche bei entsprechender Behandlung aus dem Corneïn erhalten wurden (vgl. S. 7), läßt sich nach den angegebenen Reactionen nicht verkennen.

Die vereinigten wäßrigen Auszüge wurden in gleicher Weise, wie beim Corneïn beschrieben ist, auf dem Wasserbade eingedampft und mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 4 Vol.) 6 bis 7 Stunden lang gekocht. Der Verdampfungsrückstand von den wäßrigen Extracten des Neutralisationspräcipitates enthielt reichlich Leucin, welches durch wiederholtes Umkrystallisiren aus siedendem Alkohol gereinigt wurde und die angegebenen Leucinreactionen sehr gut gab. Außerdem beobachtete ich in dem eingedickten Wasserextracte unter dem Mikroskope einige kleine stäb-

chenförmige Krystalle, die bisweilen auch, strahlig gruppirt, an einander hafteten; es könnten dieses Tyrosinkrystalle gewesen sein, aber die höchst minimale und gegen das gewonnene Leucin sehr erheblich zurücktretende Menge erlaubte die Ausführung weiterer Reactionen damit nicht. Soviel ist gewiß, daß, wenn Tyrosin bei Behandlung des Conchiolins mit verdünnter Schwefelsäure überhaupt auftritt, es stets nur in so äußerst minimalen Quantitäten erhalten wird, daß die zu seiner sichern Erkennung erforderlichen Reactionen an dem gewonnenen Materiale unausführbar bleiben. Den Glykocollnachweis habe ich leider versäumt, voraussichtlich wird es sich unter den Zersetzungsproducten sogar in reichlicher Menge befunden haben[1]).

Der mit absolutem Alkohol wiederholt ausgekochte Rückstand von den wäßrigen Auszügen wurde in Wasser gelöst; die wäßrige Lösung gab folgende Reactionen: sie wurde gefällt durch neutrales, stärker durch basisches Bleiacetat oder Gerbsäure, nur schwach durch Quecksilberchlorid und gab, soviel sich der intensiven dunkeln Färbung wegen bestimmen ließ, nicht die *Millon*'sche Reaction. Sie blieb klar nach Zusatz von Essigsäure, Essigsäure + Ferrocyankalium, von wenig oder viel Alaun, von Kaliumchromat, Kaliumdichromat und von Natronlauge.

Es scheint demnach auch nach den Ergebnissen meiner Untersuchung keine größere Differenz zwischen dem Corneïn von Antipathes und den Gorgonen einerseits, und dem Conchiolin der Mollusken anderseits zu bestehen, als solche die verschiedenen, sich dem allgemeinen Verhalten des Conchiolins in ihren Eigenschaften immer sehr nähernden Gerüstsubstanzen bei ein

[1]) *Schloßberger* (Jahresber. über die Fortschritte der Chemie für 1860. S. 570) erhielt nach 24stündigem Kochen des aus Austerschalen dargestellten Conchiolins mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 5 Vol.), Behandeln mit Kalk u. s. w. als krystallisirbares Zersetzungsproduct gleichfalls nur Leucin; das Glykocoll scheint aber auch er unberücksichtigt gelassen zu haben.

und derselben Molluskenspecies aufweisen. Am meisten muß an den Skeleten das Variiren der Färbung auffallen, welche bei Antipathes eine glänzend schwarzbraune, bei den Gorgonen eine mehr rothbraune und bei den Murexeierschalen eine hellgelbe ist. Diese Färbung adhärirt dem Corneïn resp. dem Conchiolin in nicht geringerem Grade als die bald helleren, bald dunkleren Tinten vielen außer vitaler Function gesetzten Epithelialgebilden von Wirbelthieren, aus welchen der Farbstoff gleichfalls auf keine Art ohne Zerstörung des Gewebes abgeschieden werden konnte; schon bei ein und demselben Thiere begegnen wir einer verschiedenen Färbung der Gerüstsubstanzen, welche wohl oft mehr mit der Structur des Gewebes, als mit einem abweichenden chemischen Verhalten in Beziehung zu bringen sein wird. Da die genauere Kenntniß der Gerüstsubstanzen von Gorgonen und Mollusken die einzige bekannt gewordene Thatsache einschließt, welche für beide Thiergattungen vergleichend physiologische Folgerungen gestatten dürfte, so verdient jedenfalls der Umstand Beachtung, daß das Corneïn und Conchiolin ungleich mehr und auffälligere Eigenschaften mit einander gemein haben, als irgend einer dieser Stoffe mit dem Keratin, Elastin, Chitin, Tunicin, Spirographin oder mit den glutinliefernden Substanzen.

Dem Conchiolin rechne ich auch die Substanz hinzu, welche vorzugsweise die organische Grundlage des Sepienrückenschildes bildet. Mir gelang es ebensowenig wie *Joh. Müller*[1]) und *Strahl*[2]), aus den durch verdünnte Salzsäure entkalkten ossa Sepiae durch viele Stunden langes Kochen im offenen Gefäße einen beim Ein-

[1]) *Müller, J.*, Ueber die Structur u. die chem. Eigenschaften der thierischen Bestandth. der Knorpel u. Knochen. Ann. d. Physik u. Chemie. Bd. 38. 1836. S. 318.

[2]) *Strahl, J. C.*, Ueber das chemische Verhalten einiger Skelettheile der Sepien. *Müller's* Archiv. 1848. S. 337—352.

dampfen gelatinirenden Auszug zu gewinnen. Die Reactionen des wäßrigen Absudes — fällbar durch Gerbsäure, Quecksilberchlorid und Alaun; nicht gefällt durch Natronlauge, Essigsäure, Ferrocyankalium, Alkohol, neutrales und basisches Bleiacetat; gibt die *Millon*'sche Reaction, wird auf Zusatz von Kupfersulphat und Natronlauge in der Kälte violett, beim Kochen weinroth, ohne daß sich jedoch Reductionsproducte bilden — veranlassen mich allein anzunehmen, daß Spuren von leimgebendem Gewebe sich auch im Rückenschilde wie in den Muskeln[1]) dieses Cephalopoden finden, daß es, um Leim zu erhalten, aber einer Verarbeitung von mindestens mehreren Kilogrammen der kalkreichen Gebilde bedarf, und daß eine Masse von 500 gr., die mir zur Untersuchung diente, dazu nicht ausreichend ist.

Die nach dem Auskochen mit Wasser restirende organische Gerüstsubstanz der Sepienschulpe ist völlig unverdaulich, sowohl durch Trypsin in neutraler oder alkalischer (2procentiger Sodalösung) Flüssigkeit, wie auch durch Pepsin (0.2procentige Salzsäure). Sie liefert bei Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure in der Kälte, wobei sie sich unvollkommen löst, einen Kupfersulfat in alkalischer Lösung beim Kochen reducirenden Körper und wird von siedender Natronlauge nur langsam angegriffen.

Um die Derivate auch dieses Stoffes einigermaßen kennen zu lernen, wurden die, nach Behandlung der Schulpen mit ver-

[1]) Reicher an leimgebendem Gewebe als speciell die ossa Sepiae sind sicherlich die Sepienmuskeln. Acht ausnehmend große Sepien waren vor Jahren in Alkohol gelegt, die Gefäße aber unverschlossen im Kellerraum aufbewahrt. Zur Darstellung von Taurin goß ich den sehr verdünnt gewordenen Weingeist ab und war nicht wenig überrascht, als ich beim Eindampfen des Filtrates auf dem Wasserbade statt des erwarteten Taurin eine leimartige, zähe Masse erhielt, deren Reactionen mit denen des Leims, welchen ich aus den Kopfknorpeln von Sepia gewonnen hatte, übereinstimmten; ich zweifle deshalb nicht, daß auch jene aus Tryptoglutin bestand, welches in diesem Falle vorwiegend den musculösen Gebilden entstammen dürfte.

dünnter kalter Salzsäure erhaltenen organischen Rückstände mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 4 Vol.) 6 Stunden lang gekocht, die Schwefelsäure wie bei den früheren Versuchen neutralisirt, der Neutralisationsniederschlag mit Wasser ausgezogen, die wäßrigen Extracte auf dem Wasserbade eingedickt und die restirende Masse wiederholt mit Alkohol ausgekocht. Die alkoholischen Verdampfungsrückstände enthielten von krystallisirten organischen Bestandtheilen ausschließlich Leucin, welches in beschriebener Weise gereinigt und erkannt wurde. Der nach der alkoholischen Auskochung bleibende Rückstand wurde mit Wasser aufgenommen und erwies sich als fällbar durch Quecksilberchlorid (vielleicht nur unvollkommen), durch Gerbsäure (erst nach einiger Zeit) und basisch essigsaures Blei; dagegen blieb die orangeroth gefärbte Lösung klar bei Zusatz von wenig oder viel Alaun, von Natronlauge, Essigsäure, Essigsäure + Ferrocyankalium, neutralem Bleiacetat, Kaliumchromat wie Kaliumdichromat und gab nur sehr schwach die *Millon*'sche Reaction.

Wie aus dem Corneïn von Antipathes und Gorgonia verrucosa, aus dem Conchiolin der Murexeierschalen, so hatte sich auch in diesem Falle ein durch basisches Bleiacetat und Gerbsäure fällbarer Körper unter der Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure gebildet; dadurch aber, daß der wäßrige Auszug des, durch verdünnte Schwefelsäure zersetzten Murex- und Sepienconchiolins entweder gar nicht oder nur sehr unvollkommen durch neutrales Bleiacetat und wenig Alaunlösung gefällt wurde, unterscheidet sich das, bei dieser Operation aus dem Conchiolin gebildete Gemisch von Zersetzungsproducten auffällig von dem, welches bei gleicher Behandlung aus dem Corneïn erhalten wurde. Die *Millon*'sche Reaction wurde ebensowenig mit dem Wasserextracte der, in gleicher Weise zersetzten Antipathesachsen, als mit dem der Sepienschulpen und der Murexeierschalen erhalten; nur das Corneïn von Gorgonia verrucosa wich in dieser Hinsicht ab,

möglich daher, daß aus dem Corneïn (ebenso wie aus dem Conchiolin [vgl S. 20]) durch längere Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure unter Umständen sehr minimale — denn nur um diese kann es sich handeln — Spuren von Tyrosin entstehen, welche durch das *Millon*'sche Reagens in dem einen Falle angezeigt wurden.

Tryptocollagen.

Bei Cephalopoden wurde bislang — zuerst von *Valenciennes*[1]) — nur aus dem Kopfknorpel gut gelatinirender Leim gewonnen. *Hoppe-Seyler*[2]) gibt zwar an, daß es ihm leicht gelang, auch aus dem Fleische von Octopus- und von Sepiolaexemplaren reichliche Quantitäten von gut gelatinirendem sog. chondrinfreiem Leim durch Kochen mit Wasser auszuziehen; gewiß aber nur deshalb,

---

[1]) *Valenciennes, A.*, Recherches sur la structure et la nature du tissu élémentaire des cartilages. Compt. rend. T. 19. 1844. p. 1146—1147. — Ungenau scheint mir —, ganz abgesehen davon, daß das sog. Chondrin gegenwärtig als ein Gemisch von Mucin und Glutin angesehen werden muß. — die Bemerkung *Hoppe-Seyler*'s (Medic.-chem. Unters. Heft 4. 1871. S. 586), es sei durch die chemischen Untersuchungen von *Valenciennes* zwar Chondrin in dem knorpeligen Theile bei Cephalopoden nachgewiesen, aber noch nirgends bei Avertebraten das nothwendige Substrat des wahren Knochens, das glutingebende Bindegewebe aufgefunden. Nachdem *Valenciennes* kurz zuvor bemerkt hat: „On sait qu'elle“ (Chondrine *Müller*'s) „precipite avec l'alun, ce que ne fait pas gélatine, et que celle-ci se distingue de la precédente matière par ses réactions sur le tanin“ sagt er: „Nous avons aussi la preuve de l'existence de la chondrine dans le cartilage céphalique du calmar, mais nous n'en avons saisi que quelques traces, tandis que nos différents cartilages de Mollusques ont donné une très-abondante quantité de gélatine“. Kurz verdeutscht würde dieses also heißen: Im Kopfknorpel von Sepien fand ich auch Spuren von sog. chondrigener Substanz, während die von mir untersuchten Molluskenknorpel (zweifellos ist auch der Kopfknorpel der Sepien eingeschlossen) sehr viel Glutin lieferten.

[2]) *Hoppe-Seyler, F.*, Ueber das Vorkommen von leimgebendem Gewebe bei Avertebraten. Medic.-chemische Untersuchungen. Heft 4. 1871. S. 586.

weil er die Kopfknorpel mitverarbeitet hat. *Hilger*[1]) gewann auch aus den Schalen von Brachiopoden eine Lösung, „welche beim Verdampfen coagulirte und wirklich eine deutliche Gallerte zeigte, die sich leicht in Alkali löste“; in Brachiopodenschalen mag somit wohl gleichfalls ein leimgebender Körper vorhanden sein. Zu einem ähnlichen Schlusse berechtigen die, von *Hilger*[2]) an Holothurien und von *Schäfer*[3]) an Tunicaten gewonnenen Ergebnisse meines Erachtens nicht, da es ihnen, gleichgültig aus welchen Gründen, in diesen Fällen nicht gelang, den wäßrigen Auszug durch Abdampfen zum Gelatiniren zu bringen, was als das sicherste, vielleicht auch als das einzige Merkmal für leimgebendes Gewebe anzusehen ist.

Seitdem durch die, leider noch immer nicht in extenso mitgetheilten Untersuchungen von *Morochowetz*[4]) bekannt geworden ist, daß das Chondrin in Wirklichkeit chemisch gar nicht existirt, daß „Substanzen vom Verhalten des sog. Chondrins jederzeit aus Mischungen von Glutin, Mucin und Salzen herzustellen sind“, bleibt ausschließlich die Frage zu entscheiden, ob das leimgebende Gewebe, welches den Kopfknorpel der Cephalopoden zusammensetzt, mit dem speciell glutinbildenden der Vertebraten chemisch identisch oder ein Körper eigener Art ist; *Hoppe-Seyler* hat für die erstere Auffassung zu wiederholten Malen plaidirt,

---

[1]) *Hilger*, Ueber die chem. Zusammensetzung d. Schalen u. einiger Weichtheile lebender Brachiopoden. Journ. f. pract. Chem. Bd. 102. 1867. S. 418—424.

[2]) *Hilger*, Ueber das Vorkommen der chondrigenen Substanz bei den niederen Thieren. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. III. 1870. S. 166—171. Vgl. dazu: *Semper*, *C.*, Reisen im Archipel der Philippinen. Theil I. Bd. I. Holothurien. S. 174 und 175.

[3]) *Schäfer*, Ueber das Vorkommen chondrigener Substanz in den Tunicaten. Ann. d. Chem. u. Pharmac. Bd. 110. 1871. S. 330—333.

[4]) *Morochowetz, L.*, Zur Histochemie des Bindegewebes. Sep.-Abdr. a. d. Verh. d. naturh.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. I. Heft 5. 1877.

aber, wie ich glaube, ohne einen besondern experimentellen Anhaltspunkt für seine Ansicht vorgebracht zu haben.

Die von den anhaftenden Muskeln etc. gereinigten Kopfknorpel von acht ausnehmend großen, z. Th. in Weingeist längere Zeit aufbewahrten Sepia officinalis wurden mehrere Stunden mit Wasser gekocht, wobei sie, wie bekannt[1]), in eine leimartige Masse von ausgezeichneter Klebkraft, ähnlich dem aus dem leimgebenden Bindegewebe der Wirbelthiere dargestellten Glutin übergingen. Die Leimgallerte[2]) wurde 6—7 Stunden mit verdünnter Schwefelsäure (1:4 Vol.) gekocht, die Flüssigkeit durch Bariumcarbonat neutralisirt und der Neutralisationsniederschlag mit Wasser ausgekocht. Da sich in dem eingedickten, orangeroth gefärbten wäßrigen Auszuge innerhalb mehrerer Wochen kein Tyrosin, sondern nur gallertartige Flocken abgeschieden hatten, wurde dieser durch Eindampfen völlig entwässert und der Rückstand mit absolutem Alkohol ausgekocht, welcher daraus von krystallisabeln Substanzen nur Leucin aufnahm. Der nach wiederholtem Auskochen mit Alkohol gebliebene Rest wurde in Wasser gelöst; die wäßrige Lösung erwies sich als fällbar durch basisch

---

[1]) Die widersprechenden Angaben von *J. Müller* (a. a. O.), *Schloßberger* (Chemie der Gewebe. Leipzig und Heidelberg. 1856. S. 13 u. 14) und jüngsthin von *F. Forster* (Beitr. z. Kenntniß der Bindesubstanzen bei Acephalen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XIV. 1877. S. 51—54) finden ihre Erklärung darin, daß diese Untersucher die Gewebe entweder unter zu starkem Drucke oder nicht lange genug mit Wasser ausgekocht haben.

[2]) Auf die Reactionen, welche die wäßrige Auskochung der Sepienkopfknorpel gab, lege ich keinen besonderen Werth, da das Gewebe bekanntlich reich an zelligen Elementen ist, und beim Auskochen mit Wasser sicherlich chemisch sehr verschiedene, eiweißartige Substanzen in Lösung gehn. Das Absud wurde gefällt durch Gerbsäure und Quecksilberchlorid, einige Auskochungen auch durch Essigsäure wie durch Essigsäure + Ferrocyankalium. Die Flüssigkeit gab die Xanthoproteinsäure- und *Millon*'sche Reaction, wurde aber nicht gefällt durch Alaun, neutrales und basisches Bleiacetat, Kaliumchromat und Kaliumdichromat sowie durch Chromsäure und färbte sich auf Zusatz von Kupfersulfat und Natronlauge violettroth.

essigsaures Blei, Natronlauge (flockiger Niederschlag), Kaliumchromat, Quecksilberchlorid, Alaun und Gerbsäure; in den drei letzten Fällen war die Fällung eine unvollkommene. Klar blieb die Flüssigkeit auf Zusatz von neutralem Bleiacetat, Essigsäure, Essigsäure + Ferrocyankalium und gab stark die *Millon*'sche Reaction.

Seitdem durch *Ewald*'s und *Kühne*'s gemeinschaftliche Untersuchungen[1]) bekannt geworden ist, daß das Collagen von Trypsin nur dann gelöst wird, wenn es zuvor durch Säuren gequellt oder durch Wasser von 70° C. zum Schrumpfen gebracht ist, daß es dagegen von Pepsin in saurer Lösung verdaut wird, war ein weiterer Prüfstein für die event. Collagennatur des Cephalopodenkopfknorpels gegeben.

Theils dünnere, theils gröbere Schnitte des, in absolutem Alkohol gehärteten Kopfknorpels von Sepia wurden von mir zur Untersuchung verwendet, und ich fand, daß dieselben von Pepsin (in 0.1—0.2 procentiger ClH und bei 40° C.) nur äußerst schwer, unter fibrillärer Auflockerung des Gewebes angegriffen, von Trypsinlösungen — bei neutraler oder alkalischer (2 procentiger Sodalösung) Reaction, ohne daß die Schnitte zuvor mit Säuren behandelt waren — aber auffallend rasch, gleichmäßig und vollständig (vielleicht nur unter Zurücklassung der Zellkerne) verdaut wurden. Durch die leichte Verdaulichkeit in Trypsinlösungen unterscheidet sich demnach die leimgebende Substanz des Cephalopodenknorpels auf's Bestimmteste vom Collagen und nähert sich dadurch den structurlosen Membranen, von denen besonders die membrana propria des Pankreas, des vordern und hintern Abschnittes der Linsenkapsel und das Sarkolemm nach *Ewald* und *Kühne* recht leicht verdaulich in Trypsinlösungen sind; durch die

[1]) *Ewald, A.* u. *Kühne, W.*, Die Verdauung als histologische Methode. Sep.-Abdr. a. d. Verh. d. naturh.-medic. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. I. Heft 5. 1877.

große Resistenz gegen Pepsin in saurer Lösung unterscheidet sich jedoch der Cephalopodenknorpel nicht weniger bestimmt als durch sein Verhalten gegen Trypsin vom Collagen, und von den structurlosen Membranen, welche von Magensaft gleich gut wie von Trypsin verdaut werden. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Substanz des Cephalopodenknorpels vom Collagen, von dem Stoffe, aus welchem die structurlosen Membranen bestehen, wie auch vom Elastin chemisch durchaus verschieden ist und einen Körper eigener Art darstellt, den wir wegen seiner leichten Verdaulichkeit in Trypsinlösungen als **Tryptocollagen** fernerhin bezeichnen wollen.

Spirographin.

Aus einer sehr eigenthümlichen Substanz, welche überdies bislang nie chemisch untersucht wurde, besteht die scheidenförmige Hülle der Spirographis Spallanzanii[1]) Die äußere Schicht dieser Scheide ist regelmäßig mit erdigen Materien stark imprägnirt; um die Hüllen davon zu reinigen, genügt es, dieselben einige Zeit in lauwarmem Wasser liegen zu lassen, wobei das Ganze zu einer elastischen Masse aufquillt und die einzelnen Schichten sich alsdann leicht von einander trennen lassen. Die innersten sind stets frei von erdigen Beimengungen, und sie eignen sich deshalb vorzüglich zur chemischen Untersuchung.

Nach mehrstündigem Kochen gaben die so gereinigten Spirographisscheiden[2]) eine arabinähnliche, äußerst schwer filtrirbare Flüs-

[1]) Berichtigend sei bemerkt, daß S. 82 meiner Vgl. physiol. Studien. Abth. II, wo der Röhren von tubicolen Würmern gedacht wird, Zeile 6 v. o. statt „mehrerer Sabellen“, „von Protula intestinum“, und dementsprechend auch Z. 8 v. o. statt „Sabella“, „Protula“ zu lesen ist.

[2]) Das Material wurde von mir auf der k. k. zoologischen Station in Triest gesammelt und bis zu seiner Verarbeitung in lufttrockenem Zustande aufbewahrt.

sigkeit, welche nicht opalisirt und beim Einengen keine leimartige Materie liefert. Die wäßrige Lösung reducirt beim Kochen mit Natronlauge Kupfervitriol, während sie sich in der Kälte damit violettroth färbt. Die neutrale wäßrige Lösung wird gefällt durch neutrales und basisch essigsaures Blei, durch wenig Alaun (im Ueberschuß etwas löslich) und unvollkommen durch Gerbsäure, Quecksilberchlorid, wie durch concentrirte Kochsalzlösung; nicht gefällt wird sie durch Salzsäure, wenig oder viel Essigsäure, durch Ammoniak, Kaliumchromat und Kaliumdichromat, beim Einträufeln in absoluten Alkohol, durch Essigsäure + Ferrocyankalium; sie gibt die *Millon*'sche, aber nur schwach die Xanthoproteïnsäure-Reaction und wird durch Jodtinctur gelb gefärbt.

Beim Erwärmen auf dem Platinblech blähen sich die reinen Spirographisscheiden an einzelnen Stellen auf, verkohlen ohne zu schmelzen und hinterlassen eine ziemlich weiße Asche; sie enthalten Stickstoff (Glühen mit Natronkalk resp. Natrium) wie Schwefel (Schmelze mit schwefelsäurefreier Soda und schwefelsäurefreiem Salpeter). Beim Veraschen mit geschmolzenem Kali bildet sich kein Indol.

Das organische Substrat der Spirographisscheiden ist unverdaulich in Trypsinlösungen, sowohl bei neutraler wie alkalischer (2 °/o Soda) Reaction; auch wenn die Hüllen zuvor mehrere Stunden lang in verdünnter Salzsäure (0.2 °/o) gelegen hatten, erlitten sie in den Trypsinflüssigkeiten keine Veränderung. In sauren (0.1—0.2 °/o HCl), kräftigst wirkenden Pepsinflüssigkeiten erleiden die Scheiden nach etwa 24 Stunden an den Enden bisweilen eine Auffaserung, darauf zerfallen sie in Fibrillen, und sehr spät werden auch diese angedaut, während sie in reiner 0,2procentiger Salzsäure — auch wenn dieser gekochte Pepsinlösung zugesetzt wurde — innerhalb mehrerer Tage nur etwas opaker und seidenglänzend geworden waren, an Zusammenhang aber nichts eingebüßt hatten. Sind die Scheiden in der Pepsin-

lösung zu feinen Fäserchen zerfallen, so genügt auch ein geringer Zusatz von Natronlauge, um diese durch Schütteln in der Kälte zu lösen. Die mit Wasser kurze Zeit gekochten Scheiden schrumpften in der, mit Pepsin versetzten Salzsäure zusammen und wurden binnen 3 bis 4 Tagen vom Pepsin durchaus nicht angegriffen; auch in alkalischer wie neutraler Trypsinlösung erhielten sich die gekochten Spirographishüllen in ihrem gequollenen Zustande viele Tage lang unverändert[1]).

Beim Kochen mit Natronlauge werden die Spirographishüllen, unter eintretender Gelbfärbung, bis auf einen geringen braunen pulverigen Rückstand gelöst; mit dunkelbrauner Farbe lösen sie sich in siedender concentrirter Salzsäure, wobei weder Zucker noch Oxalsäure gebildet wird. Von concentrirter Schwefelsäure werden die Hüllen in der Kälte langsam gelöst; es bilden sich dabei Stoffe, welche alkalische Kupfersulfatlösung beim Kochen desoxydiren.

Von den Derivaten, welche sich aus dem **Spirographin** — wie der organische Bestandtheil der Spirographisscheiden kurz genannt werden kann — nach mehrstündigem Kochen mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 4 Vol.) bildeten, ließ sich nur Leucin erkennen und für weitere Reactionen auch in größerer Quantität und hinreichender Reinheit darstellen. Der nach Extraction des Leucins durch siedenden Alkohol bleibende Rückstand in Wasser gelöst, erwies sich als fällbar durch Gerbsäure, nur unvollkommen wurde die Flüssigkeit durch Quecksilberchlorid gefällt, klar blieb sie nach Zusatz von Alaun oder von Ferrocyankalium.

---

[1]) Diese, wie alle übrigen Verdauungsversuche wurden in langen Probirröhrchen, bei einer constanten Temperatur von 38—40° C. ausgeführt und Tag wie Nacht eine halbe Woche hindurch ununterbrochen im Gange erhalten.

Die Gerüstsubstanz der Asteriden und das Chitin.

Der durch verdünnte Salzsäure entkalkte oder unentkalkt gelassene Seesternpanzer — Asteracanthion glacialis diente vorzugsweise zu meinen Untersuchungen — verliert den Zusammenhang beim Kochen mit Wasser ebenso leicht wie das intermuskuläre Bindegewebe vieler Süßwasserfische, liefert aber, selbst wenn er 12 bis 24 Stunden in offenem Gefäße gekocht wird, keinen Leim, wie schon von *Hoffmann*[1]) als Ergebniß eines Versuches von *Heinsius* richtig angegeben wurde. Werthlos wird es sein, das Verhalten des Wasserextractes gegen Reagentien mitzutheilen, da mein Material zu unrein war und wohl nur deshalb alle Eiweißreactionen gab.

Aber nicht nur durch kurze Zeit lang fortgesetztes Kochen mit Wasser läßt sich die Gerüstsubstanz der Echinodermen lockern und lösen, sondern auch durch die eiweißverdauenden Enzyme. Sowohl in Pepsin- (0.1—0.2 procentige HCl) wie Trypsinlösungen (bei neutraler wie alkalischer [2 procentige Sodalösung] Reaction) verliert die Asteridenhülle ihren Zusammenhalt und wird zum größten Theil verdaut. In kalter concentrirter Schwefelsäure löst sich die organisirte Gerüstsubstanz von Asteracanthion glacialis ebenso wie die Hautdecke von Holothuria tubulosa mit eigenthümlich violetter Farbe verhältnismäßig rasch auf, während sich beide Gewebe beim Kochen mit Natronlauge nur langsam und unvollständig lösen[2]).

[1]) *Hoffmann*, *C. K.*, Zur Anatomie der Asteriden. Niederl. Arch. f. Zool. Bd. II. 1874—75. S. 2.

[2]) Bis auf einen geringen Rest verdaubar, sowohl durch Pepsin wie durch Trypsin (bei neutraler und alkalischer Reaction) sind auch die organischen Bestandtheile der Gewebe von Aurelia aurita; diese werden gleichfalls durch Einwirkung von kalter concentrirter Schwefelsäure schnell verflüssigt, wobei sich alkalische Kupfersulfatlösung beim Kochen reducirende Körper bilden.

Vom Chitin[1]) vermag ich als neu gefundene Thatsachen nur zu berichten, daß dasselbe durchaus unverdaulich sowohl in kräftigst wirksamen Pepsin- wie Trypsinlösungen ist[2]), was außer *Pouchet* und *Tourneux* schwerlich jemand bezweifelt hat. Die schönen Untersuchungen von *Ledderhose*[3]) habe ich mit einer großen Quantität reinsten Hummerchitins wiederholt und daraus beim Eindampfen mit concentrirter Salzsäure so bedeutende Mengen von salzsaurem Glykosamin erhalten, daß auch ich zu der Ansicht gekommen bin, es trete beim Kochen des Chitin mit concentrirter Salzsäure das salzsaure Glykosamin als einziges festes Spaltungsproduct auf. Ich verzichte, auf die Eigenschaften des, von mir erhaltenen salzsauren Glykosamins hier näher einzugehen, da *Ledderhose* mit einer eingehendern Untersuchung, als sie bis jetzt über diesen hoch interessanten Körper vorliegt, noch beschäftigt zu sein scheint.

Leimgebendes Gewebe bei Amphioxus lanceolatus.

Als ich[4]) bei der Untersuchung der contractilen Gewebe von Amphioxus eine große Uebereinstimmung derselben mit denen

[1]) Das Tunicin, von mir rein dargestellt aus dem Mantel verschiedener Ascidien (Ascidia mentula und mammillata, Ciona intestinalis) und Salpen (Salpa Africana-maxima, S. runcinata-fusiformis, S. democratica-mucronata), wurde ebenso wie das Chitin weder von Pepsin und Trypsin, noch von menschlichem Speichel irgendwie angegriffen.

[2]) Vgl. *Krukenberg*, Zur Verdauung bei den Fischen. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univers. Heidelberg. Bd. II. S. 385. Anm. 2. — Derselbe, Vgl. physiol. Studien. IV. Abth. S. 34.

[3]) *Ledderhose*, *G.*, Ueber salzsaures Glycosamin. Ber. d. d. chem. Gesellsch. Jahrg. IX. 1876. S. 1200—1201. — Derselbe, Ueber Chitin und seine Spaltungsproducte. Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. II. 1878--79. S. 213—227.

[4]) *Krukenberg*, Untersuchung der Fleischextracte verschiedener Fische und Wirbellosen. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. IV. Heft 1. — Derselbe, Zur Kenntniß des chemischen Baues von Amphioxus lanceolatus und der Cephalopoden. Zoolog. Anzeiger. 1881. Nr. 75. S. 64—66.

von Knochenfischen antraf, mußte mir sehr daran gelegen sein, einen Punkt klargestellt zu wissen, der, gewiß nicht mit Unrecht, ein allgemeines Aufsehen erregt hat, und auf den Schlüsse basirt sind, welche nicht nur den gegenwärtigen morphologischen Anschauungen widersprechen, sondern auch eine Differenz des chemischen und histologischen Baues verlangen, wie eine solche bei fundamentalen Lebensäußerungen kaum existiren wird.

Hoppe-Seyler[1]) hatte geäußert: „Amphioxus habe außer der Chorda nichts mit den Wirbelthieren gemein, er besitze kein geschlossenes Gefäßsystem mit rothen Blutkörperchen, keine Leber, die Galle bilde, kein eigentliches Gehirn, ja er enthalte nicht einmal leimgebendes Gewebe, welches allen Wirbelthieren eigen sei und außerdem den Cephalopoden, aber keiner andern Abtheilung wirbelloser Thiere" zukomme. „In ihrer ganzen hochentwickelten Organisation ständen wohl die Cephalopoden den Wirbelthieren am nächsten, dem Amphioxus werde weiter abwärts eine Stelle gefunden werden müssen".

Was das leimgebende Gewebe der Cephalopoden betrifft, so ist die Annahme einer Identität desselben mit dem der Wirbelthiere im Vorhergehenden als irrig nachgewiesen; *Hoppe-Seyler*'s zweiter Meinung, Amphioxus besitze kein geschlossenes Gefäßsystem mit rothen Blutkörperchen, stehen die Angaben *W. Müller*'s resp. *Ray Lankaster*'s diametral gegenüber[2]); über die chemische Beschaffenheit der Amphioxusgalle fehlt in der Literatur jede controlirbare Mittheilung diesbezüglicher Untersuchungen, und durchaus unrichtig ist endlich auch der vierte Satz: „Amphioxus enthalte nicht einmal leimgebendes Gewebe"; auf welchem *Hoppe-Seyler*'s Schlußfolgerung basirt.

[1]) *Hoppe-Seyler, F.*, Ueber Unterschiede im chem. Bau u. der Verdauung höherer u. niederer Thiere. Arch. f. d. ges. Physiologie. Bd. XIV. 1877. S. 400.

[2]) Cf. *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. II. Abth. S. 61.

Ich bin nicht der Erste, welcher das Facit der *Hoppe-Seyler*'schen Versuche über das Fehlen von leimgebendem Gewebe bei Amphioxus ungläubig aufgenommen hat. Schon *A. Schneider*[1]) bemerkte im Anschluß an das Citat der Arbeit von *Hoppe-Seyler*: „Vielleicht kann man bei Anwendung größerer Mengen von Amphioxussubstanz doch noch Leim gewinnen. Denn die Fasern“ (in der Umgrenzung des Blutraumes der Myocommata), „welche man für leimgebend halten möchte, bilden einen verhältnismäßig geringern Theil des Körpers als bei anderen Wirbelthieren“.

Die, bei Darstellung der Extractivstoffe erhaltenen Amphioxusreste waren wegen ihrer ansehnlichen Menge ein werthvolles Material für eine Untersuchung, von der man, über die An- oder Abwesenheit von leimgebender Substanz bei Amphioxus schlüssig zu werden, erwarten durfte. Die Rückstände waren zuvor bekanntlich nur einmal mit Wasser rasch ausgekocht und eigneten sich somit noch vortrefflich zur Leimbereitung. Dieselben wurden 8 bis 10 Stunden mit Wasser in einem offenen Porzellantiegel gekocht, das Wasser schließlich abgeseiht und eingedampft. Als die Masse bis circa 60 Cbc. eingedickt war, dauerte es nicht lange, daß eine ausgezeichnete Leimgallerte entstand, mit welcher sich Holzstücke leicht und nicht weniger fest als mit gewöhnlichem Tischlerleim zusammenkleben ließen, und die sich auch in ihren anderen Eigenschaften durch Nichts von dem Leim unterschied, den ich wiederholt aus wäßrigen Auszügen von Knorpel- und Knochenfischen erhalten habe[2]).

---

[1]) *Schneider, Ant.*, Beiträge z. vgl. Anatomie u. Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere. Berlin. 1879. S. 4.

[2]) Eine diesbezügliche Beobachtung möge hier Platz finden. Bei Extraction der Muskeln von Mustelus vulgaris mit siedendem Alkohol füllten sich bald die Maschen des zwischengelegten Mulls mit einer gummösen, eiweißartigen Masse, welche sich am Boden des Extractionsapparates sammelte; anfangs fadenziehend, sehr plastisch und fast farblos trocknete sie zu einem grünlich gefärbten, glasigen Klumpen ein. Nach längerem

Die neutrale Lösung des Amphioxusleims in Wasser, jedenfalls durch Eiweiß stark verunreinigt, wurde gefällt durch wenig Essigsäure (Niederschlag im Ueberschuß von Essigsäure löslich und durch Ferrocyankalium nicht weiter gefällt), durch wenig Alaun, durch Gerbsäure, neutrales und basisches Bleiacetat, unvollständig durch Quecksilberchlorid; klar blieb die Flüssigkeit hingegen bei Zusatz von Ferrocyankalium, Natronlauge, von Kaliumchromat oder Kaliumdichromat; sie gab die *Millon*'sche wie Xanthoproteïnsäure-Reaction und färbte sich mit Kupfervitriol purpurviolett, ohne diesen in alkalischer Lösung beim Kochen zu reduciren.

Schließlich mögen die — der, ihrer verschiedenen Herkunft entsprechenden Verschiedenartigkeit wegen, vergleichend physiologisch so hochwichtigen — Zersetzungsproducte und das Verhalten der bislang besser bekannten thierischen Gerüstsubstanzen gegen Natronlauge, Wasser und Enzyme, tabellarisch geordnet, Mittheilung finden. (S. Tabelle auf S. 37.)

Wie wichtig die chemischen Untersuchungen der organischen Substrate der Thierskelete zu werden versprechen, erhellt selbst aus dieser unvollständigen Zusammenstellung zur Genüge. **Die Substanzen, welche die organische Grundlage der thierischen Gerüste bilden, sind in ihrem Auftreten nicht so wandelbar wie viele andere** (z. B. wie das Hypoxanthin, die

---

Kochen mit Wasser ging der größte Theil der, beim Aufweichen wieder elastisch gewordenen Materie in Lösung. Die wäßrige Lösung wurde durch Gerbsäure, Chromsäure, Essigsäure + Ferrocyankalium gefällt, durch Quecksilberchlorid schwach getrübt, blieb klar nach Zusatz von wenig oder viel Essigsäure, von Alaun, Kaliumchromat, Natronlauge, von neutralem oder basischem Bleiacetat, färbte sich mit Natronlauge und Kupfersulfat violett und gab nur äußerst schwach die *Millon*'sche Reaction. Es lag demnach fast reines Glutin vor. Aus dem Fleische anderer Selachier und aus dem von Knochenfischen schied sich beim Auskochen kein Glutin in der angegebenen Weise ab.

Harnsäure und das Hämoglobin); sie scheinen in ihrem Vorkommen auf einzelne Klassen resp. Typen vollständig beschränkt zu sein. Voraussichtlich wird man nur bei Arthropoden dem Chitin, nur bei den Tunicaten dem Tunicin, nur bei den Wirbelthieren dem Collagen, nur bei den Cephalopoden ev. nur bei Mollusken dem Tryptocollagen, nur bei letzteren und merkwürdigerweise auch bei den Cölenteraten dem Conchiolin und diesem nächstverwandten Stoffen begegnen.

Tabellarische Uebersicht der wichtigsten Eigenschaften der als verschieden erkannten organischen Substrate thierischer Gerüstsubstanzen.

	Elementare Bestandtheile.	Krystallisirte organische Zersetzungsproducte gebildet bei Behandlung mit:			Verhalten gegen:			
		heißer conc. Salzsäure.	kalter conc. Schwefels.	heißer verdünnter Schwefelsäure.	kochende Natronlauge.	siedendes Wasser.	Pepsin.	Trypsin.
Tunicin	C, H, O.		Glykose	Glykose	bleibt unverändert	bleibt unverändert	unverdaulich	
Chitin	C, H, O, N.	Glykosamin	Glykose	Glykose			unverdaulich	
Corneïn	C, H, O, N.	Leucin		Leucin, Glycin + Cornikrystallin	unvollst. Lösung unter Bildung amorpher braungelber Substanzen.		unverdaulich	
Conchiolin	C, H, O, N.	Leucin		Leucin (u. Glycin?)			unverdaulich	
Spongin	C, H, O, N.			Leucin + Glycin	löst u. zersetzt sich in undefinirte amorphe Materien		unverdaulich	
Elastin	C, H, O, N.			Leucin	löslich		verdaulich	verdaulich
Tryptocollagen	C, H, O, N, [S ?]	Leucin	Leucin	Leucin		liefert Leim	äußerst schwer verdaulich	leicht verdaulich
Collagen	C, H, O, N, S.			Leucin + Glycin	liefert Glycin + Leucin		verdaulich	direct unverdaulich
Spirographin	C, H, O, N, S.		Leucin	Leucin	löslich	quillt zur arabinähnlichen Masse	fast unverdaulich	unverdaulich
Keratin	C, H, O, N, S.	Huminsäure u. a. wenig definirbare Stoffe		Leucin + Tyrosin (u. Asparaginsäure)	wird gelöst	nur unter hohem Druck sich verändernd und dabei nicht gelatinirend	unverdaulich	unverdaulich

Das Antheagrün.

Sehr wenige Substanzen sind bekannt geworden, welche wie voraussichtlich der Inosit[1]), das Pepsin[2]), Tyrosin und Leucin[3]), die Dextrose und Oxalsäure sowohl im Pflanzen- als im Thierkörper selbständig gebildet werden; um so größer ist aber die

[1]) Die völlige Identität des Inosits mit dem Phaseomannit ergab sich erst jüngst aus den Untersuchungen von *Tauret* und *Villiers* (Compt. rend. T. 86. p. 486).

[2]) Vergl. u. a. meine Arbeit: „Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten etc.". Unters. a. d. physiol. Inst. der Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 273—283. — Das von mir entdeckte höchst merkwürdige Vorkommen von Pepsin im Plasmodium von Aethalium septicum hat *J. Reinke* (Bot. Zeitung. Jahrg. 38. 1880. Nr. 48) bestätigt gefunden; er bemerkt aber nicht, daß dieser wie viele andere seiner citirten Befunde schon vor seinen Untersuchungen bekannt gewesen sind. Derjenige, welcher meine oben erwähnte Arbeit und meine Abhandlung: „Vergl. physiol. Beiträge z. Chemie der contractilen Gewebe" (ibid. Bd. III. S. 197—220) sowie die zweite Abtheilung meiner „Vergl. physiol. Studien" (S. 55 u. 56) und *Kühne*'s „Untersuchungen über das Protoplasma" gelesen hat, muß nothwendig zu dem Schlusse gelangen, daß *Reinke* zwar manches Neue, aber nicht gerade das Wichtigste über den chemischen Bau von Aethalium septicum zuerst gefunden und mitgetheilt hat. Ausführlich berichtete *E. Külz* (Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XXIV. 1880. S. 64—66) über die Darstellung des Glycogens aus Aethalium.

Die Larven von Musca lucilia enthalten bekanntlich viel Glycogen; ebenso die Puppen der Ameisen. Aus sog. Ameiseneiern, selbst aus solchen, wie sie getrocknet in den Handel kommen, gewann ich durch Auskochen mit Wasser und vorsichtige Fällung mit Alkohol, wobei der bräunliche Farbstoff in der Flüssigkeit gelöst blieb, viel Glycogen.

[3]) Cf. *Borodin*, Bot. Zeitung. Jahrg. 36. 1878. Nr. 51 u. 52. — *Schulze, E.* u. *Barbieri, J.*, Landwirthschaftliche Versuchsstationen. Bd. 24. 1879. S. 167.

Zahl der Stoffwechselproducte, welche in functioneller wie in chemischer Hinsicht in beiden Reihen der belebten Wesen ihre Analoga finden. Außer den, in mehrfacher Beziehung übereinstimmenden pflanzlichen und thierischen Eiweißstoffen finden sich besonders gummi- und stärkeartige Körper, ätherische Oele[1]), wachs-[2]) und cholestearinartige[3]) Substanzen sowohl bei Pflanzen als bei Thieren. Von vorwiegender Bedeutung dürfte es sein, daß die ersten Assimilationsproducte — aus denen durch weitere Veränderungen dann successive das große Heer von Stoffen hervorgeht, aus welchen sich der Pflanzen- und Thierleib aufbaut — in beiden Naturreichen nicht nur chemisch, sondern, soviel sich zur Zeit darüber aussagen läßt, in vielen Fällen auch functionell auffallend einander gleichen. Zu dieser Klasse von Substanzen, welche eine der ersten Folgen der Assimilation sind, wird man auch, wie es besonders durch *Sachsse*'s Untersuchungen[4]) mehr als wahrscheinlich geworden ist, einerseits das Chlorophyll, viele Algen- und Pilzfarbstoffe, anderseits die unter Lichteinfluß entstehenden, im Dunkel verschwindenden Pigmente verschiedener Thiere zu rechnen haben. Einen, dem pflanzlichen Chlorophyll chemisch sehr verwandten Farbstoff kennen wir bei Bonellia viridis, und ähnliche scheinen auch von anderen Thieren gebildet zu werden.

Leicht in größerer Menge war von mir das grüne Pigment

[1]) Ueber das Vorkommen von ätherischen Oelen in Spongien cf. meine „Vgl. physiol. Studien“ Abth. II. S. 45 ff. und Abth. III. S. 114.

[2]) Vgl. die interessanten Bemerkungen von *Al. v. Humboldt* (Reisen in die Aequinoctialgegenden. Bd. V. S. 120) über diesen Gegenstand.

[3]) Die Verschiedenheit des Phytostearins vom Cholestearin ist von *O. Hesse* (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 192. S. 175) nachgewiesen. Ueber das Vorkommen eines cholestearinartigen Körpers in Spongien cf. meine „Vgl. physiol. Studien“ Abth. II. S. 48 ff. und Abth. III. S. 114.

[4]) *Sachsse, R.*, Die Chemie u. Physiologie der Farbstoffe, Kohlehydrate u. Proteïnsubstanzen. Leipzig. 1877. S. 54—62. — Derselbe, Ueber eine neue Reaction des Chlorophylls. Chem. Centralbl. 1878. S. 121—125.

aus Anthea cereus zu gewinnen, welches bei Behandlung mit alkoholischem Aether in diesen übergeht. Es löst sich außerdem in Schwefelkohlenstoff, Benzin, Terpenthinöl, Chloroform, Amylalkohol und ist auch in Alkohol, ja selbst in Wasser etwas löslich. Alle diese — concentrirt smaragdgrün, verdünnt gelbgrün gefärbten — Lösungen zeigen das, auf Taf. I dargestellte, an Absorptionsbändern reiche Spectrum, deren Lage nach Essigsäurezusatz unverändert bleibt. Wird den Lösungen dagegen ein wenig Natronlauge zugesetzt, so schlägt die Farbe in ein unreines Gelb um, und von den ursprünglichen fünf Bändern sind nur noch zwei (zweites Spectrum auf Taf. I) vorhanden, welche, verglichen mit den entsprechenden der neutralen oder sauren Lösungen, wesentlich verschoben erscheinen. Bei längerer Aufbewahrung erleidet das Antheagrün sowohl in Lösung als in Extractform gleichfalls Veränderungen, welche spectroskopisch gut zu erkennen und in den beiden folgenden Spectren auf Taf. I dargestellt sind.

In dem, sehr viel Fett enthaltenden Extracte des Antheafarbstoffes, welches durch Verdampfen seiner ätherischen Lösung gewonnen war, hatte sich nach monatlichem Stehen an der Luft eine große Menge von farblosen Krystallnadeln, theilweise büschelförmig gruppirt, abgeschieden; vergebens versuchte ich, dieselben durch Behandeln des Extractes mit Aether, Wasser, kaltem oder heißem absolutem Alkohol zu reinigen, — sie verhielten sich den Lösungsmitteln gegenüber wie das gefärbte Oel, in welchem sie suspendirt waren, sodaß ihre chemischen Eigenschaften nicht näher festgestellt werden konnten.

Obgleich meine Untersuchungen[2]) ergeben haben, daß Anthea

[1]) Es würde sich gewiß einer Nachuntersuchung lohnen, ob der grüne Farbstoff von Elysia viridis, wie *A.* und *G. De Negri* (Berichte d. d. chem. Gesellsch. Jahrg. IX. 1876. S. 84) angegeben haben, thatsächlich mit dem pflanzlichen Chlorophyll übereinstimmt.

[2]) Vergl. physiol. Studien. Abth. III. S. 93.

cereus Verbindungen (speciell das Oxyhämoglobin), in welchen der Sauerstoff locker chemisch gebunden vorkommt, zu reduciren vermag, ist diese Actinie nicht im Stande, die Kohlensäure — wie man annehmen könnte, durch Dazwischenkunft ihres grünen Farbstoffes — unter Lichteinfluß zu zersetzen. In Meerwasser, welches mit Kohlensäure gesättigt war, gingen die Antheen verhältnißmäßig schnell zu Grunde, ohne daß Sauerstoffbläschen während des Versuches in dem umgebenden Meerwasser aufgestiegen wären und sich über der Flüssigkeitsschicht angesammelt hätten. Auch wenn die Antheen in umgekehrte, mit Meerwasser völlig gefüllte Spitzgläser gesetzt wurden, war von einer Sauerstoffentwicklung nach tagelangem Aufenthalte am Lichte oder im Dunkeln nichts nachzuweisen, und die quantitative Zusammensetzung einer, über das Meerwasser gebrachten reinen Kohlensäureatmosphäre erwies sich nach dem Tode der Thiere, wie durch Schütteln mit Kalilauge erkannt wurde, als durchaus unverändert.

Nachdem so durch meine Versuche festgestellt ist, daß der grüne Farbstoff von Bonellia viridis[1]) und Anthea cereus diese Thiere nicht befähigt, die Kohlensäure zu reduciren, und dasselbe für Idotea viridis von *Geddes* (Archives de zool. exp. et gén. T. VIII. 1880. p. 58) gefunden ist, erübrigt es noch, eine andere Frage zur Entscheidung zu bringen. Wie sich (mit wenigen Ausnahmen) das pflanzliche Chlorophyll ganz allgemein nur am Lichte entwickelt, so scheint es auch mit vielen thierischen Farbstoffen der Fall zu sein. Bekanntlich hat schon *M. Schultze* (Compt. rend. T. 34. 1852. p. 684) Versuche dieser Art an Vortex viridis ausgeführt, welche ergaben, daß die Thiere im Finstern nach längerer Zeit ihre grüne Farbe verlieren. *Lacaze-Duthiers* (Archives de zool. exp. et gén. T. VII. 1879. p. 377) hat jüngsthin auch eine Madreporarie (Caryophillia

[1]) Vergl. physiol. Studien. Abth. I. S. 167—171.

Smithii) auf den Einfluß, welchen das Licht auf ihre Färbung ausübt, untersucht und kam gleichfalls zu positiven Ergebnissen. Mein Aufenthalt am Meere war stets zu kurz, als daß ich Versuche dieser Art erfolgreich in Angriff nehmen konnte, doch dürfen wir wohl hoffen, diese Frage von günstiger situirten Forschern bald bearbeitet zu sehen; denn die Modificationen, welche die Assimilationsprocesse durch das Licht erfahren, gehören sicherlich zu den interessantesten vitalen Erscheinungen, und es muß deshalb um so mehr daran gelegen sein, diese Lücke unseres Wissens durch Untersuchungen an zahlreichen geeigneten Vertretern der verschiedenen Typen unter den Wirbellosen recht bald ausgefüllt zu sehen.

Ueber einen blauen Farbstoff, welcher sich auf feucht gehaltenem Fibrin bildete.

Ueber den blauen, an Vibrionen (Vibrio syncyanus *Ehbg.* Vibrio cyanogenus *Fuchs*) gebundenen Farbstoff, welcher sich bisweilen auf der Milch zeigt, ist wiederholt berichtet[1]). *Erdmann* gelangte durch die, zwar nur sehr wenigen damit angestellten Reactionen zu dem Schlusse, daß das färbende Princip ebenso wie der rothe Körper, welcher auf Oblaten, Brod u. s. w. mehrfach gesehen wurde, ein Anilinfarbstoff ist, daß die Reactionen des blauen Vibrionenpigmentes speciell die desjenigen Anilinblau sind, welches man nach *A. W. Hofmann*'s Untersuchungen als Triphenylrosanilin betrachtet.

Im physiologischen Institute zu Heidelberg bot sich mir kürzlich die Gelegenheit, einen, dem der sog. blauen Milch jedenfalls sehr ähnlichen Farbstoff zu untersuchen, welcher feucht gehaltenes Fibrin eines Tages an der Oberfläche dicht überzog und intensiv azurblau färbte. Mir lag besonders daran zu wissen, ob dieser, an niedere Organismen gebundene Farbstoff mit irgend einem künstlich dargestellten Anilinfarbstoffe in seinen chemischen Eigenschaften vollständig übereinstimme. Herrn Dr. *Ewald* verdanke ich die verschiedenen Anilinfarbstoffe, welche sich uns zum Vergleich vorzugsweise zu eignen schienen.

---

[1]) Vgl. *Fuchs*, Magazin f. d. ges. Thierheilkunde Bd. VII. S. 133—198. — *Ehrenberg*, Monatsb. d. Berliner Academie. 1840. S. 202. — *Haubener*, Magazin f. d. ges. Thierheilkunde. Bd. XVIII. S. 1—85, S. 129—204. u. S. 379—382. — *Erdmann*, *O.*, *E.* Journ. f. pract. Chemie. Bd. 99. 1866. S. 385—407.

Die blaue Kruste wurde von dem Fibrin abgelöst und mit absolutem Alkohol geschüttelt, wobei der blaue Körper vollständig in Lösung ging und den Alkohol blauviolett färbte. Die filtrirte Flüssigkeit zeigte gegen Natronlauge nicht das Verhalten des Anilinblau (speciell des sog. Capriblau), obgleich nach *Trommer*, *Haubener* und *Erdmann* der Farbstoff der blauen Milch darin mit Anilinblau übereinstimmen soll. Während bei Zusatz von Natronlauge zu einer alkoholischen Lösung von Anilinblau (Capriblau) die Farbe anfangs abgeschwächt erscheint, bald aber in ein unansehnliches Weinroth übergeht, und die alkoholische Lösung von Anilinviolett (Methylviolett B) sich ganz ähnlich verhält[1]), nur daß in dieser die weinrothe Farbe noch mit ein wenig Blau gemischt bleibt, so wurde der fragliche Farbstoff, der sich auf dem Fibrin gebildet hatte, bei Natronzusatz anfangs reiner blau, darauf unter Ausscheidung eines schwachen Niederschlags grünlichgelb[2]): er verhielt sich also sehr ähnlich der wäßrigen Lösung von indigschwefelsaurem Natrium; von den anderen bekannteren blauen Pigmenten bleibt blaue Lackmustinctur nach Natronzusatz unverändert, und die wäßrige Auflösung von Berlinerblau wird durch Natronlauge völlig entfärbt. Während die durch Natronlauge veränderten Anilinfarbstoffe durch Essigsäure ihren ursprünglichen Farbenton wiedererhalten, was in gleicher Weise mit dem Pigmente in Vibrio cyanogenus der Fall sein soll, so gewann dagegen unser Körper durch Essigsäure nicht annähernd seine ursprüngliche Farbe wieder, wenn seine alkoholische Lösung kurz zuvor mit Natronlauge versetzt war. Aehnlich wie

[1]) Am besten waren die Farbenveränderungen an nicht zu dicken Flüssigkeitsschichten in kleinen Porzellanschälchen zu beobachten.

[2]) Das Gleiche gilt von den übrigen blauen und violetten Anilinfarbstoffen — alkoholische Lösung von Wasserblau 2 B, wässerige Lösung von Wasserblau 6 B extra, Methylviolett 6 B und Neuviolett BR (beide in Alkohol gelöst) —, welche ich auf ihr Verhalten zu Natronlauge und Essigsäure geprüft habe.

durch Natronlauge wird der Farbstoff durch Ammoniak, durch dieses aber langsamer verändert; kohlensaures Natrium zerstört hingegen die ursprüngliche Färbung nicht.

Wurde der alkoholischen Farbstofflösung Salpetersäure zugesetzt, so nahm sie zuerst eine unreine blaue Färbung an, indem aus ihr der rothe Farbenton verschwand; später wurde sie gelblich; auch Salzsäure wirkte ähnlich, wennschon ungleich langsamer als die Salpetersäure, während Essigsäure die Färbung nicht wesentlich beeinträchtigte; es scheint mir im letztern Falle die Farbe etwas vertieft zu werden, was man auch an der alkoholischen Lösung des Capriblau, aber in ungleich prägnanterer Weise nach Essigsäurezusatz eintreten sieht.

Der blaue Farbstoff erwies sich als sehr schwer oder als unlöslich in Wasser, Glycerin, Amylalkohol und Chloroform. Mit blauvioletter Farbe löste sich das Pigment auch in Aether; es blieb nach dem Verdampfen des Lösungsmittels auf dem Wasserbade als blauer Beschlag an den Wänden des Gefäßes zurück und war durch Alkohol oder Aether immer leicht wieder in Lösung zu bringen. Mit genau derselben Farbe wie in Alkohol und Aether löst sich das Pigment in Acetaldehyd; wird diese Lösung aber auf dem Wasserbade abgedampft, so bleibt nicht ein blauer, sondern ein zinnoberrother Körper zurück, der sich gleichfalls leicht in Alkohol löst. Diese rothe alkoholische Lösung zeigt folgende Reactionen: durch Natronlauge färbt sich dieselbe gelbgrün, nimmt nach Essigsäurezusatz aber sogleich wieder die zinnoberrothe Färbung an; die Farbe erhält sich im Alkohol noch lange, wenn man diesem ein wenig Salpetersäure zugesetzt hat, und weder Ammoniak noch Natronlauge verändern sie.

Auch spectroskopisch gleicht unser Vibrionenfarbstoff nicht genau den blauen oder violetten Anilinfarbstoffen. Das Spectrum aller von mir untersuchten blauen Anilinfarbstoffe (Capriblau, Wasserblau 2 B und Wasserblau 6 B extra) zeigt constant

ein, von der Umgebung scharf abgegrenztes je nach der Concentration der Lösung mehr oder weniger breites Band um D, welches sich bei dem einen Blau etwas mehr nach dem rothen oder violetten Ende hin verbreitert als bei einem andern, ohne daß aber die verschiedenen Anilinblau bemerkenswerthe Abweichungen erkennen lassen. Dasselbe Band wie die blauen zeigen auch die von mir untersuchten violetten Anilinfarbstoffe (Methylviolett B und 6 B, Neuviolett BR; bei letzterm liegt die stärkste Absorption aber erst hinter D); bei diesen setzt sich jedoch eine schwächere Absorption von dem tiefschwarzen Bande beginnend bis E hin gleichmäßig fort und nimmt hier erst an Intensität bedeutender ab; die Strahlen des Spectrums zwischen F und G werden aber wie von den blauen, so auch von den violetten Anilinlösungen (bei mäßiger Concentration, wenn das Band bei D tiefschwarz erscheint) völlig unabsorbirt gelassen. Die Absorption um D fehlt zwar auch im Spectrum unseres Vibrionenfarbstoffes (cf. unten auf Taf. I) nicht, ist aber hier viel mehr dem violetten Ende genähert als bei irgend einem der genannten blauen Anilinfarbstoffe, und die diffuse Absorption, hinter D beginnend und sich bis vor G gleichmäßig fortsetzend, welche das Spectrum des Vibrionenblau aufweist, findet sich bei keinem Anilinfarbstoffe wieder. Trotzdem gleicht das Spectrum unseres Farbstoffes wohl am meisten dem der Anilinfarbstoffe; so liegt z. B. der tief schwarze Streifen im Spectrum der mäßig concentrirten, wäßrigen indigschwefelsauren Natriumlösung vor D, das Spectrum des, im Wasser gelösten Berlinerblau ist frei von Absorptionsbändern (es absorbirt mit zunehmender Concentration die Strahlen des rothen Endes bis E) und das Spectrum von sehr verdünnter Lackmustinctur weist zwei Absorptionsbänder auf: ein schwächeres, aber breiteres dicht vor D und ein stärkeres, schmäleres unmittelbar hinter D.

Schließlich sei erwähnt, daß das von mir auf dem Fibrin beobachtete blaue Pigment sich sowohl durch sein Verhalten ge-

gen Alkalien und Säuren, wie gegen Lösungsmittel von dem Farbstoffe des blauen Eiters, welcher Pyocyanin genannt wurde und durch *Fordos*[1]) und *Luecke*[2]) genau bekannt geworden ist, sehr wesentlich unterscheidet.

Vergleichen wir unsere Versuchsergebnisse mit denen, welche von *Trommer*, *Haubener* und *Erdmann* an dem Farbstoffe der blauen Milch, von *Fordos*, *Luecke* u. A. am Pyocyanin erhalten wurden, so wird der Schluß berechtigt erscheinen, daß auf verschiedenen Substraten verschiedene blaue Pigmente, an niedere Organismen gebunden, entstehen können, und daß *Erdmann* wohl zu rasch geschlossen und verallgemeinert hat, wenn er sagt, es bilde sich der blaue Anilinfarbstoff, „welcher sich durch keine einzige Reaction von dem Triphenylrosanilin unterscheidet“ (a. a. O., S. 393), nicht nur auf Käse, sondern auch auf anderen Proteïnstoffen „im Weizenmehl der Semmel, in der Kartoffel und den Bohnen, selbst im Fleisch“ (ibid., S. 405).

---

[1]) *Fordos*, Recherches sur la matière colorante des suppurations bleues: pyocyanine. Compt. rend. T. 51. 1860. p. 215–217. — Derselbe, Recherches sur les matières colorantes des suppurations bleues, pyocyanine et pyoxanthose. Compt. rend. T. 56. 1863. p. 1128—1131.

[2]) *Luecke*, *A.* Archiv f. Chirurgie von *Langenbeck* Bd. III. S. 135.

Taf. I.

Formen des Cornikrystallins und seiner Zersetzungsproducte.

a = ein charakteristischer Cornikrystallinkrystall mit der eigenthümlichen concentrischen Schichtung (anisotrop).

b = ein anderer ohne schaligen Aufbau, mit verändertem Krystallisationskern.

c = ein Krystallplättchen von Cornikrystallin mit und ohne verändertem Centrum, von der Seite gesehen.

d = theilweise entfärbter und isotrop gewordener Cornikrystallinkrystall.

e = Zersetzungsproducte des Cornikrystallins, durch Wasserzusatz entstanden.

f = dito, rhomboïdale und hexagonale Täfelchen, die nicht wie das Cornikrystallin anisotrop, sondern isotrop sind.

g = tief schwarze Schlieren und Tropfen, theilweise mit feinen Nädelchen (Zeichen von beginnender Krystallisation?) bedeckt; gleichfalls bei Zersetzung des Cornikrystallins nach Wasserzusatz entstanden.

Die Absorptionsspectren finden auf der Tafel selbst ihre Erklärung.

Weitere Beiträge zum Verständniß und zur Geschichte der Blutfarbstoffe bei den wirbellosen Thieren.

Die Existenz und die merkwürdige Unveränderlichkeit des so äußerst oxydabeln gelben Farbstoffes in dem lebenden Aplysina aërophoba-Gewebe sind, wie ich früher[1]) gezeigt habe, nur durch die Annahme verständlich, daß dieses Pigment durch noch sauerstoffbegierigere intracellulare Substanzen, welche sich in seiner unmittelbaren Nähe befinden, vor den tiefgreifenden Veränderungen geschützt wird, welche es außerhalb des lebenden Gewebes durch den Luftsauerstoff erfährt. Diese Erscheinung steht in der Physiologie der Wirbellosen nicht isolirt da; die Ansammlung eines, bei Sauerstoffzutritt sich unter Entwickelung von Stickoxydgas und freier salpetriger Säure zersetzenden Stoffes in den Harnorganen von Brachinus complanatus[2]) ist eine analoge Erscheinung. Das wochenlange Intactbleiben des Oxyhämoglobins im Darmtractus von Hirudo ist ein Phänomen entgegengesetzter Art, welches lehrt, daß die directe Sauerstoffzehrung der Darmzellen bei diesem Wurme jedenfalls eine höchst minimale ist, daß ihnen der zu ihrem Bestehen erforderliche Sauerstoff auf einem andern Wege mittelbar und nicht direct vom Darmlumen aus zugeht.

---

1) *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. III. Abth. S. 116—121.

2) Cf. *Karsten, H.* Harnorgane des Brachinus complanatus *Fabr.* Arch. f. Anat. u. Physiol. 1848. S. 371—374.

de Rougemont, Ph. Observations sur l'organe détonant du Brachinus crepitans *Oliv.*

In Bestätigung einer Beobachtung von *Harleß* habe ich weiterhin darauf hingewiesen, daß im Blute verschiedener Ascidien ein Chromogen vorkommt, welches sich mit Kohlensäure intensiv blauschwarz färbt, und welche Färbung; entgegen den Angaben von *Harleß*, durch Einleiten von Sauerstoff nicht zu regeneriren ist. Eine Andeutung dafür, daß ähnliche Vorgänge, wie *Harleß* sie zuerst am gelassenen Blute experimentell herbeiführte, sich auch intra vitam am Ascidienblute ereignen, läßt sich nur aus der schwarzen Farbe einiger Körpertheile bei Ascidia fumigata vermuthen.

Die Bläuung des Ascidienblutes durch Kohlensäure tritt bei den Versuchen nicht so außerordentlich schnell ein, als daß man sich nicht vorstellen könnte, es sei wegen der reichen Vascularistation des Mantels, welche, wie bekannt[1]), ganz ausnehmend stark bei den Arten entwickelt ist, deren Blut das bei Kohlensäureeinwirkung sich bläuende Chromogen enthält, — die Sauerstoffaufnahme und, was für diesen Fall noch wichtiger ist, die Kohlensäureabgabe bei den Ascidien eine so rapide, daß dadurch eine Kohlensäureansammlung im Blute und in Folge dessen eine Veränderung des Chromogens vermieden werde. Nur bei derartigen Thierformen kann sich eine solche Substanz unverändert im Blute erhalten, bei denen das Blut die von ihm aufgenommene Kohlensäure fast augenblicklich nach außen wieder abgibt oder bei denen das Blut gar nicht als respirirendes Medium fungirt. Erstere Möglichkeit scheint bei Ascidien, letztere bei einigen Insecten verwirklicht zu sein.

Außer bei Ascidien sind Chromogene, welche bei Kohlensäureaufnahme eine ausgesprochene Misfärbung des Blutes bewirken, nur bei Insecten aufgefunden; bei Gastropoden, Cephalopoden,

[1]) Cf. *Hertwig*, *O.* Unters. über den Bau u. die Entwicklung des Cellulose-Mantels der Tunicaten. Jenaische Zeitschr. f. Med. u. Naturw. Bd. VII. S. 46—73.

Lamellibranchiaten, Krebsen, Würmern, Echinodermen und Coelenteraten, von welchen Typen und Classen ich zahlreiche Vertreter in dieser Hinsicht prüfte, habe ich nach ihnen vergebens gesucht.

Wie schon lange bekannt ist[1]), färbt sich die Intercellularflüssigkeit des Blutes vieler Insecten an der Luft dunkelgrün bis schwarz und trübt sich dabei unter Abscheidung feinster Molecularkügelchen. Die Misfärbung, welche man an frisch gelassenem Blute niemals beobachtet, hat, wovon ich mich am Blute von Hydrophilus piceus und einigen Dytiscusarten überzeugt habe, dieselbe Ursache wie die Schwarzfärbung des Ascidienbluts bei Berührung mit der Luft. Nicht der Luftsauerstoff ist das verursachende Moment, sondern die Kohlensäure. Bei raschem Einleiten von Sauerstoff verändert das, an den frischen Schnittflächen aus den Fußstumpfen des lebenden Insects hervorquellende Blut seine gelbliche Färbung nicht; die erste hinzutretende Kohlensäureblase färbt es aber sogleich tief braunschwarz. Diese Schwarzfärbung läßt sich auch an diesem Käferblute durch Schütteln mit Sauerstoff nicht rückgängig machen, und es scheint mir nicht gewagt anzunehmen, daß im Blute vieler Insecten dasselbe Chromogen wie im Blute von Ascidia mammillata, mentula und fumigata vorkommt.

Wer sich gewöhnt, den Werth und die Bedeutung der einzelnen Lebensprocesse, der Eigenschaften der einzelnen Körperbestandtheile für den Gesammtorganismus auch bei den Wirbellosen nach den Erscheinungen zu beurtheilen, deren Tragweite für den Fortbestand des Lebens bei den Wirbelthieren durch langjährige Studien verständlich geworden ist, dem werden manche Entdeckungen in der Evertebratenphysiologie merkwürdig erscheinen, andere dagegen in ihrer functionellen Bedeutung von ihm bei Weitem überschätzt werden.

[1]) Cf. z. B. *C. H. Lehmann*, Lehrb. der physiol. Chemie. Leipzig. 1853. Th. II. S. 222 ff.

Obgleich die ersten Prüfungen auf Harnsäure[1]), Harnstoff, Taurin u. s. w. an den Geweben wirbelloser Thiere vor mehreren Decennien bereits angestellt sind, obgleich sich die positiven Ergebnisse dieser Art im Laufe der Zeit erheblich vermehrt haben, und die Literaturangaben nur zusammengestellt sein wollen, so glaube ich dennoch der Erste gewesen zu sein, welcher den wahren Werth dieser Versuchsresultate erkannt hat. Ich wies darauf hin, daß sich, wie schon vor mir auch von andern Forschern ausgesprochen war, die Ergebnisse derartiger Untersuchungen für den Zweck, um dessen willen sie meist ausgeführt waren, zur Klarstellung der Function eines Organes schlecht oder gar nicht eignen. Ich hob hervor, daß Befunden dieser Art nur insofern ein Werth, der zwar sehr groß zu werden verspreche, zugestanden werden könne, als man aus ihnen folgern dürfe, ja schließen müsse, daß allen betreffenden Formen, bei denen der Substanznachweis gelang, Lebensvorgänge gemeinsam sind, welche zu der Bildung des betreffenden Körpers führen[2]).

Findet man z. B. in der Flüssigkeit des Wassergefäßsystems eines Echinodermen Hämoglobin, so ist man durchaus noch nicht berechtigt, wie es sich jüngst[3]) thatsächlich zugetragen hat, diesem

---

[1]) Der erste Nachweis des Harnsäurevorkommens bei Wirbellosen scheint von *Robiquet* etwa um 1810 geführt zu sein. Er soll Harnsäure in Canthariden nachgewiesen haben, doch ist es mir unmöglich gewesen, die bezügliche Angabe aufzufinden. Fehlerhaft ist jedenfalls das Citat in *Joh. Müller's* Physiologie (Bd. I. 1841. S. 409), daß sich die Mittheilung in den Annales de Chimie, T. 76 finde; denn die früheren Serien dieser Zeitschrift sind bis zu diesem Bande nicht fortgesetzt. In die meisten neueren Arbeiten ging *Müller's* Citat über, während in einigen *Robiquet's* Abhandlung über die Canthariden aus dem Jahre 1810 genannt wird, welche mir leider nicht zugängig ist.

[2]) Vergl. physiologische Studien. Abth. II. S. 16.

[3]) Cf. *Foettinger, Al.* Sur l'existence de l'hémoglobine chez les Echinodermes. Archives de Biologie. Vol. I. 1880. p. 405—412 und Bull. de l'acad. roy. de Belgique. T. 49. p. 402—404.

Stoffe für den Organismus des Echinodermen dieselbe functionelle Bedeutung zu vindiciren, welche derselbe für ein Säugethier hat; nur dazu berechtigt der Nachweis dieser Substanz im Echinodermenblute, daß bei diesem Wesen Processe gleicher Art oder völlig analog denen, welchen das Hämoglobin bei den Wirbelthieren seine Entstehung verdankt, existiren. Die specielle respiratorische Bedeutung des Hämoglobins muß durch Versuche für jeden einzelnen Fall erst genau festgestellt sein, bevor ein Schluß in dieser Richtung einen irgendwie experimentellen Boden findet. Ein wie geringer functioneller Werth überhaupt den sog. respirirenden Substanzen des Blutes entgegen der außerordentlich kräftigen Gewebeathmung bei vielen Wirbellosen zuzuschreiben ist, habe ich schon früher auseinanderzusetzen versucht und möchte hier nur noch darauf aufmerksam machen, wie unschwer verständlich in dem einen Falle das völlige Fehlen, in einem andern der Ueberfluß an sichtbar respirirenden Stoffen bei den nächst verwandten Formen unter den Wirbellosen ist, wenn die übrigen Verhältnisse (Sauerstoffzufuhr, innere Gewebeathmung, Sauerstoffreserven in den Organen, Resistenz der Gewebe bei Sauerstoffmangel) in genügender Weise Berücksichtigung finden. Wenn wir, wie z. B. bei den Aplysinen, bei der einen Species einen eminent oxydabeln Körper in den Geweben antreffen, der während des Lebens niemals eine Oxydation erleidet, und eine ähnliche Substanz bei den organisatorisch nächst stehenden Arten durchaus vermissen, so läßt sich eine derartige Differenz nur unter der Voraussetzung verstehen, daß in der Aplysina aërophoba, „noch andere Materien für uns unsichtbar existiren, welche zum Sauerstoff ein viel größeres Verwandtschaftsvermögen besitzen als der gelbe Farbstoff". In diesem energischen Oxydationsvermögen werden voraussichtlich auch andere Aplysinen der Aplysina aërophoba nicht erheblich nachstehen, einige könnten darin diese selbst noch übertreffen. Wo die Sauerstoffaufnahme so

energisch wie bei diesen Spongien vor sich geht, ist es ohne Belang für den Organismus, ob sich in ihm durch irgendwelche Processe Substanzen bilden und anhäufen, die, verglichen mit den Sauerstoffüberträgern bei andern Thieren, zwar Außergewöhnliches leisten, verglichen mit dem athmenden Medium in der Aplysina selbst aber functionell gegenstandslos sind; denn sie werden durch die Energie des normalen Respirationsvorganges vor lebenswidrigen Zersetzungen geschützt und können deshalb weder der Respiration nützen, noch können ihre extravitalen Zersetzungsproducte im lebenden Schwammkörper entstehen und möglichenfalls das Bestehen desselben schädigen.

Nur in einer, dieser Auseinandersetzung entsprechenden Weise ist die Existenz der Chromogene, welche sich durch Einwirkung von Kohlensäure so bald schwärzen, im Ascidien- und Insectenblute verständlich zu machen. Wo das sog. Blut das Geschäft des Gasaustausches nicht oder nur in untergeordnetem Grade vermittelt, wo Tracheen den Lebensherden den Luftsauerstoff unmittelbar zuführen und die von den lebenden Elementarorganismen producirte Kohlensäure direct wieder nach außen schaffen, oder wo der Gasaustausch zwischen der Leibesflüssigkeit und der Außenwelt ein sehr ausgiebiger ist, können sich nur verhältnißmäßig geringe Kohlensäuremengen in den Körpersäften anhäufen, in ihnen sind kohlensäureempfindliche Substanzen ganz oder weit mehr geschützt als da, wo das Blut eine vorwiegend respiratorische Function versieht. Die von den zelligen Elementen der Körperflüssigkeit selbst oder durch die, in den der Säftebahn nächst benachbarten Zellenterritorien exhalirte Kohlensäure wird allerdings immer leicht zersetzend auf einen Theil des Chromogens einwirken können; die gebildeten Producte — gering an Menge, aber offenbar untauglich für jeden weiteren vitalen Proceß — werden in solchen Fällen einfach in gewissen, zur Anhäufung des Pigments besonders disponirten Stütz- und Gerüstsubstanzen (im Mantel

bei Ascidia fumigata, in der chitinösen Hülle bei Hydrophilus piceus) abgelagert und schaden diesen Organismen alsdann ebensowenig als uns die Kohlen- und Staubpartikelchen, welche von unserm Lungenparenchym beherbergt werden.

Nur so können meines Erachtens zahlreiche Abweichungen organisatorisch im übrigen nahe verwandter Formen erklärt werden, welche, wie gesagt, verglichen mit den Verhältnissen bei den höchst organisirten Thieren, als unglaubliche Wunder imponiren müssen, in der charakteristischen Anlage und Ausübung der Functionen vieler Wirbelloser aber ihre hinreichende Erklärung finden und durch sie des Mysteriösen entkleidet werden.

Dem in der dritten Abtheilung dieser Studien gegebenen Literaturverzeichnisse über das Hämocyaninvorkommen im Blute von Wirbellosen habe ich noch drei ältere Schriften hinzuzufügen.

Schon *Ermann*[1]) gedenkt der blauen Farbe des Helix-Blutes, welche er als Opalescenzerscheinung zu deuten versucht. Er sagt (S. 209): „Das aus der Stichwunde des Herzens ausfließende Blut erscheint bei Helix pomatia bei refrangirtem Lichte himmelblau, bei reflectirtem hingegen perlgrau; und zwar ist dieses Opalisiren bei dem soeben ergossenen Blute ausgezeichneter als ich es je bei einer Flüssigkeit gesehen habe; dem ungeachtet erblickt selbst das bewaffnete Auge keine Spur von Blutkörperchen oder von irgend etwas abgesondert darin schwebendem; wenn man aber das sehr merkwürdige Opalisiren auf etwas nicht in Auflösung begriffenes und abgesondert in der Flüssigkeit schwebendes beziehen wollte, so sind auf jeden Fall die in diesem Blute schwebenden Theile von übermäßiger Feinheit und gestatten

[1]) *Ermann*, Wahrnehmungen über das Blut einiger Mollusken; Abhandl. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. Aus den Jahren 1816—1817 (Berlin 1819). S. 199—218.

keinen Vergleich mit den Blutkörperchen der höheren Thierarten". In der Blutasche fand *Ermann* Eisen neben Mangan; Eisen habe ich (Vgl. physiol. Studien. Abth. III. S. 73) darin aber nicht nachweisen können.

Witting[1]) fand „das Blut von Unio pictorum leicht flüssig, stark alkalisch, völlig klar und von so äußerst schwachem bläulichem Anfluge, daß dieser weder sofort, noch auch in einem Probirröhrchen über weißem Papiere, und dann bei sehr aufmerksamem Vergleiche mit destillirtem Wasser mit großer Mühe gefunden werden konnte" (S. 124). „An der Luft stehend, tritt bei diesem Blute auch nach mehreren Tagen durchaus keine andere Erscheinung in Betreff der Färbung ein" (S. 125).

Das Blut von Astacus fluviatilis ist nach *Witting* „farblos, wasserklar; dünnflüssig, gibt mit Essigsäure wie Salpetersäure starke Niederschläge. Kurze Zeit an der Luft stehend, bildet es eine vollständige Gallerte, welche nach einigen Tagen eine schwache Fleischfarbe annimmt, nicht aber sich dunkler färbt" (S. 123).

Wenn *Witting* seinen, an Astacus fluviatilis und Unio pictorum gewonnenen Resultaten zu Folge glaubt, „daß manche Beobachtungen über die Färbung des Blutes darauf beruhen, daß denselben nicht ein ganz reines Material zu Grunde gelegen hat" (S. 127), so hat das seinen Grund darin, daß er gerade Arten untersuchte, bei welchen nicht nur von ihm, sondern bislang von allen Forschern das Hämocyanin vermißt wurde.

Ueber das Blut von Limulus, dessen Verfärbung an der Luft jüngst *Ray Lankester* beschrieb, theilte bereits *Genth*[2]) Folgendes mit: das Blut von Limulus cyclops, von welchem die Thiere

[1]) *Witting, E.* Ueber das Blut einiger Crustaceen und Mollusken. Journ. f. pract. Chem. Bd. 73. 1858. S. 121—132.

[2]) *Genth, F. A.* Ueber die Aschenbestandtheile des Blutes von Limulus Cyclops *Fabr.* Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 81. 1852. S. 68—73.

vor dem Eierlegen Pfunde, zwei Monate später nur 1/4 Pfund liefern, ist weißlichblau bis himmelblau und stets trüb. Beim Kochen der blauen Flüssigkeit scheidet sich Eiweiß aus und die Färbung verschwindet. In der Blutasche fand sich Eisenoxyd (bis 0,08 %) und Kupferoxyd (in dem einen Falle 0,085 %, in anderen 0,297 und 0,338 %).

Einige, späteren Untersuchern vielleicht erwünschte Beobachtungen über die Blutfarbe speciell von Octopus vulgaris und Sipunculus Oxyurus enthält ein Aufsatz von *Rouget*[1]).

Schwalbe ist nicht der Erste, welcher einen Farbenwechsel vom Gephyreenblute beschrieben hat. Schon *Delle Chiaje*[2]) sagt, er habe bei Sipunculus balanophorus und echinorhynchus das arterielle Blut roth, das venöse dagegen bräunlich gefunden, und findet darin einen Anhalt, Sipunculus zu den Anneliden und nicht, wie *Cuvier*, zu den Echinodermen zu stellen.

---

[1]) *Rouget, Ch.* Note sur l'existence de globules du sang colorés chez plusieurs espèces d'animaux invertébrés. Journ. de la Physiol. T. II. 1859. p. 660—670.

[2]) *Delle Chiaje*, Memorie sulla storia e notomia degli animali senza vetebre del regno di Napoli. T. I. S. 13 u. 127.

Nachträge zu meinen vergleichend physiologischen Untersuchungen über die Verdauungsvorgänge.

(Hierzu Taf. II.)

Die vergleichende Thierchemie hat uns in den Geweben Wirbelloser —, theils in fester Form abgelagert, theils in den Gewebssäften gelöst, — Stoffe kennen gelehrt, welche sich ähnlich wie das Hämoglobin im Blute der Wirbelthiere zu Sauerstoffüberträgern eignen und uns ihre Sauerstoffaufnahme wie Sauerstoffabgabe, analog dem Hämoglobin, durch einen Farbenwechsel verrathen. Trotzdem sind diese Substanzen, wie durch die vergleichende Behandlung dieser Frage nachgewiesen werden konnte, bei vielen Wirbellosen wegen der daneben bestehenden kräftigen, durch unsichtbare Processe erfolgenden Gewebeathmung nur von sehr untergeordneter Bedeutung für die Existenz und für die Leistungen des Gesammtorganismus. Die comparative Morphologie hat uns eine Anzahl von Organen als rudimentäre, zurückgebildete und leistungsunfähig gewordene verständlich gemacht, hier haben wir Materien gefunden, welche für den Organismus noch nicht leistungsfähig geworden sind. Erst wenn die einzelnen Gewebe, mehr consolidirt, außer directe Beziehung mit dem umgebenden, sauerstoffliefernden Medium treten, wenn in den, durch wenig durchgängige Membranen und zahlreiche Zellenstraten von der Außenwelt abgeschlossenen Territorien der vorwiegend lebensthätigen Zellen die innere Gewebeathmung nicht mehr mächtig genug ist, den Sauerstoffbedarf direct von außen zu beschaffen, werden respirirende und circulirende Flüssigkeiten

— wohl zu unterscheiden von den reinen Ernährungssäften im engern Wortsinne — für den Fortbestand des Lebens erforderlich. Bei den Thieren, wo ein innerer Säftestrom die Athmung vermittelt, ist es nöthig, daß alle Theile von gleicher Vitalität auch gleichmäßig von demselben mit Sauerstoff gespeist werden; das wäre unmöglich, wenn derselbe zuerst Provinzen des Körpers durchrieseln würde, in welchen die Gewebeathmung durch eine kräftigere Affinität zum Sauerstoff erfolgt als in den, von dem Blute später erreichten. Leistungsfähig für einen Organismus ist eine große einheitliche Gefäßbahn überhaupt nur bei verhältnißmäßig wenig energischer Gewebeathmung oder bei einem Wechsel von Arbeit und Ruhe zwischen den einzelnen Organen. Hierin sehe ich vorwiegend die Momente gegeben, durch welche sich die Athmung eines Wirbelthieres von der niederer Thiere unterscheidet, und die Transportfähigkeit des Sauerstoffs in den respirirenden Säften sehen wir bei Ersteren außerdem dadurch wesentlich erleichtert, daß in dem Blute der Sauerstoff nicht nur gelöst, sondern locker chemisch gebunden fortgeschafft wird.

Wie demnach das ganze Capitel der vergleichenden Physiologie der Respirationsvorgänge in die beiden, durch Uebergänge mannigfach verknüpften Gruppen: der direct erfolgenden Gewebeathmung und der indirecten Athmung vermittelst respirirender und circulirender Körpersäfte zerfällt, so gliedert sich in ähnlicher Weise auch die vergleichende Physiologie der Ernährung. Auf der einen Seite steht die directe Aufnahme des festen Ernährungsmateriales durch die lebende Substanz, auf der andern die Verdauung des Aufgenommenen durch lösende Secrete; beide Gegensätze in der Thierwelt vielfach combinirt und durch Uebergänge mit einander verbunden. Nur die Aufnahme des festen Ernährungsmateriales von außen, nicht die indirecte Speisung der Gewebe durch die innere Säftemasse, nur die Verdauung im engern Wortsinne beschäftigt uns hier.

Die cellulare Verdauung der festen Nahrung bei Protozoën ist aus den Schilderungen von *Ehrenberg*, *Stein*, *Kœlliker*[1]), *Cienkowski*[2]), *Bessels*[3]), *Leidy*[4]), *Gruber*[5]) und vielen Anderen allgemein bekannt, meinen Untersuchungen gemäß existirt dieselbe auch bei höher organisirten Formen, bei Spongien, Actinien, Medusen, vielleicht selbst bei den Rippenquallen, und nach den Angaben von *Uljanin*[6]), *Graff*[7]), *Metschnikoff*[8]) und *Taschenberg*[9]) bei einigen Turbellarien und Trematoden. Erst bei den Würmern, Arthropoden und Mollusken verliert sie an Bedeutung, bei welchen sich eiweißverdauende und Stärke saccharificirende Secrete in einen gesonderten Verdauungsapparat ergießen und hier die Verflüssigung der Nährmittel bewirken[10]). Der Besitz von

---

1) *Kœlliker*, *A.*, Das Sonnenthierchen, Actinophrys sol. Z. f. wiss. Z. Bd. I. S. 198.

2) *Cienkowski*, *L.*, Beiträge z. Kenntniß der Monaden. Arch. f. mikr. Anat. Bd. I. 1865. S. 203 ff.

3) *Bessels*, *E.*, Ueber Haeckelina gigantea. Jenaische Zeitschr. f. Med. u. Naturw. 1875.

4) *Leidy*, *J.*, Proc. of the Acad. of Natur. Sciences of Philadelphia. 1874. S. 143.

5) *Gruber*, *A.*, Kleine Beiträge z. Kenntniß der Protozoen. Ber. üb. d. Verhandl. d. naturf. Ges. zu Freiburg i. Br. Bd. VII. 1880. S. 543 ff.

6) Cf. *Leuckart*'s Jahresbericht im Arch. f. Naturg. 1871.

7) *Graff*, *L.*, Kurze Berichte über fortgesetzte Turbellarienstudien. Z. f. wiss. Zool. Bd. 30. Suppl. 1878. S. 462 u. 463.

8) *Metschnikoff*, *E.*, Ueber die Verdauungsorgane einiger Süßwasserturbellarien. Zoologischer Anzeiger. Jahrg. I. 1878. S. 387—390.

9) *Taschenberg*, *E. O.*, Weitere Beiträge z. Kenntniß ectoparasitischer mariner Trematoden. Sonderabdr. a. d. Festschrift d. naturf. Gesellsch. zu Halle. 1879.

10) Wie ich schon früher hervorgehoben habe, findet man bei denjenigen Wirbellosen, welche ihre eiweißhaltige Kost durch enzymatische Verdauungssäfte resorptionsfähig machen, im Darmcanale regelmäßig eine mehr oder weniger große Menge des Verdauungssaftes vor; dieser besitzt bei der Mehrzahl der Mollusken, Echinodermen und Würmer eine ungleich geringere Wirkung auf rohes Eiweiß als der Verdauungssaft der höheren Thiere, und ganz besonders muß im natürlichen Zustande oft eine, der Enzymwirkung

eiweißverdauenden und Stärke saccharificirenden Enzymen ist keine Eigenthümlichkeit der höheren Thiere; wir treffen dieselben schon bei Formen an, welche eine rein cellulare resp. protoplasmatische Verdauungsweise besitzen, ja wir finden sie selbst bei diesen in wunderbar reicher und wirksamer Menge vor. Aber ebenso wie wir den leicht oxydabeln Farbstoffen und Chromogenen im Blute vieler Evertebraten keinen besondern functionellen Werth beimessen können, ist es entschieden auch der Fall z. B. mit dem Pepsin in den Myxomyceten, deren Gewebe stets mehr oder weniger alkalisch reagiren und deshalb jede Wirkung ihres Pepsins unmöglich machen, und nicht weniger bin ich durch die Versuche von *Fr. Darwin*[1]), *Rees* und *Kellermann*[2]) wie von *Hochstetter*[3]) davon überzeugt, daß die peptisch wirkenden Säfte der sog. insectenfressenden Pflanzen für die Ernährung dieser kein nothwendiges Erforderniß sind.

Als ein Verbindungsglied zwischen dem exclusiv cellularen und dem enzymatisch secretorischen Verdauungsmodus muß ich

wenig günstige Temperatur den Verdauungsvorgang bei den poikilothermen Thieren erheblich verzögern. Ich kenne nur Einen Factor, durch welchen diese Uebelstände (im Hinblick auf das Verhalten der allgemeinen Digestionsvorgänge bei den homœothermen Wirbelthieren) etwas compensirt werden. Bei wohl allen Wirbellosen, welche ihre Nahrung ausschließlich durch enzymatische Secrete verdauen, sind die Freßwerkzeuge gut entwickelt; sie erreichen, so verschieden organisirt sie bei Vertretern der einzelnen Abtheilungen (z. B. bei Echinodermen, Arthropoden, und Ctenobranchien [Rhipidoglossen, Ptenoglossen, Rhachiglossen, Toxoglossen und Tænioglossen]) auch sind, in vielen Fällen selbst einen erstaunenswerth hohen Grad der Ausbildung. Die dadurch ermöglichte äußerst feine Zertheilung der Speisen ist das einzige Moment, welches beschleunigend auf den Verdauungsvorgang bei den Wirbellosen wirkt, und durch das Letztere den meisten Wirbelthieren bevorzugt erscheinen müssen.

1) *Darwin*, *Fr.*, Nature. Vol. XVII. 1878. No. 429. S. 222.

2) *Reess*, *M.* u. *Kellermann*, *Ch.*, Bot. Zeit. 1878. No. 14 u. 15.

3) *Hochstetter*, *W.*, Württ. naturw. Jahreshefte. Jahrg. 34. 1878. S. 106—111.

nach meinen Untersuchungen den Ernährungsvorgang der Ascidien, vielleicht aller Tunicaten ansehen.

Die Ergebnisse meiner letzten, über den Enzymgehalt der Flüssigkeit aus dem Darme verschiedener Ascidien (Ascidia mammillata, A. mentula, A. fumigata, Ciona intestinalis) angestellten Versuche, bestätigen nur die meiner früheren Untersuchungen[1]. Es gelingt, wie ich bereits mitgetheilt habe, bisweilen allerdings, mit dem Darminhalte z. B. von Ciona intestinalis eine, zwar äußerst schwache tryptische Wirkung auf rohes Fibrin bei günstiger Temperatur (38—40° C.) zu erzielen, wenn aber berücksichtigt wird, daß dazu ein voller Tag erforderlich ist, und die Wirkung bei gewöhnlicher Temperatur so gut wie ganz ausbleibt, so wird es schwer verständlich, wie die lebenden Ascidien mit dieser Flüssigkeit, deren Secretnatur keineswegs erwiesen ist, ihre, wennschon spärliche Eiweißkost bewältigen können. Die seltsame Anlage des Verdauungsrohres bei den Salpen, an welchem, wenn ich mich nicht täusche, noch Niemand ein Eindringen und eine Fortbewegung von festen Stoffen beobachtet hat —, ich habe mich umsonst oft bemüht, den Uebergang von feinvertheiltem Indigo aus dem umgebenden Meerwasser in den Darm der Salpen zu verfolgen —, trotzdem seine Enden fast immer mit Contenten gefüllt sind, scheint mir schon allein darauf hinzuweisen, daß bei diesen Thieren ein sehr absonderlicher Verdauungsmodus vorliegt. In dem Endtheile des Salpendarmes, der oft mit Diatomeenpanzern u. dgl. vollgestopft ist, sah ich von Secreten nichts, obgleich diese bei Mollusken alle Theile des Darmes ziemlich gleichmäßig erfüllen, und das Glycerinextract von mehr als 50 Därmen der Salpa Africana-

[1]) *Krukenberg*, Versuche z. vergl. Physiol. d. Verdauung. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 337. Ueber die Enzymbildung etc. Ibid. Bd. II. S. 360 u. 361. Nachtrag zu den Untersuchungen etc. Ibid. Bd. II. S. 376.

maxima erwies sich peptisch wie tryptisch als durchaus unwirksam auf rohes Fibrin bei 38—40° und bei 15—20° C. Alle diese Thatsachen scheinen mir anzudeuten, daß auch im sog. Darme der Tunicaten eine vorwiegend cellulare Verdauung stattfindet.

Eine andere, von den bei Mollusken, Würmern und Arthropoden bestehenden Verhältnissen abweichende Erscheinung wurde durch meine Untersuchungen von den Holothurien und gewissermaßen auch von den Echiniden bekannt. Während die Glycerinauszüge der Mollusken-, Arthropoden- und Wurmlebern resp. ihre unter anderer Form (als drüsiger Darmbelag, Darmzotten und Appendices intestinales) auftretenden Analoga sich enzymatisch nicht weniger wirksam erweisen als der natürliche Verdauungssaft bei diesen Thieren, so waren hingegen aus dem Darme der Holothurien, in welchem die Enzym-secernirenden Organe bei durchgängiger Abwesenheit von anatomisch differenzirten und conglomerirten Verdauungsdrüsen nothwendig gelegen sein müssen, stets nur außerordentlich schwach wirksame oder ganz unwirksame Extracte zu gewinnen. Der im Darme fast zu jeder Zeit in großer Menge angesammelte und diesen theilweise prall spannende natürliche Verdauungssaft, besaß aber auch bei den Holothurien eine kräftig verdauende Wirkung sowohl auf Eiweißstoffe wie eine saccharificirende auf Stärke. Obschon auch aus dem Gefäßgeflechte an der linken Wasserlunge der Holothuria ein peptisch wirkendes Extract erhalten werden konnte, und dadurch der Gedanke nahe gelegt wird, daß, wie es jüngst *Langendorff* von dem tryptischen Enzyme sogar bei Vögeln angenommen hat, die Enzyme nicht in den, sie nach außen hin secernirenden Zellen selbst entstehen, sondern diesen von anderen Bezirken des Körpers bereits gebildet zufließen und von den Darmdrüsenzellen nur ausgeschieden werden, so ist es mir, zwar mehr aus allgemeinen Gründen doch wahrscheinlicher, daß in der Darm-

wand der **Holothuria** selbst die Enzyme gebildet werden, daß aber in ihren Darmdrüsenzellen — und ähnliches findet sich auch bei Echiniden und Asteriden wieder, wennschon in weniger auffallendem Grade —, wie ich es schon früher als möglich ausgesprochen habe, die Enzymbildung langsam und die Ausscheidung der Secrete so rasch erfolgt, daß in den secretorischen Bezirken selbst nur höchst geringe Mengen davon vorhanden sind.

Seit meiner ersten Publication über die Verdauungsvorgänge bei Ascidien und Echinodermen habe ich meine Versuche oft wiederholt, ohne jedoch durch irgend einen derselben volle Gewißheit zu erhalten, daß sich zur Verdauung taugliche Enzymmengen aus den Darmsäften der Ascidien resp., daß sich aus dem gereinigten Darme der Holothurien einigermaßen enzymatisch wirksame Auszüge gewinnen lassen. Sehr reichliches Material habe ich zu diesen Untersuchungen verwendet, aber die erwarteten positiven Ergebnisse blieben aus, was, wie ich glaube, aus den angegebenen Gründen am plausibelsten erscheint.

Da über die Function der Lebern von **Arachnoïden**[1]) sehr wenig Brauchbares und über die der Lebern der Scorpione, abgesehen von *E. Blanchard*'s bedeutungslosen Angaben, nichts bekannt ist, so conservirte ich die, den durch Chloroform betäubten Scorpionen (über einige 30 **Buthus occitanus** und über nahezu 10 **Scorpio murensis** verfügte ich) exstirpirten Lebern z. Th. in Glycerin, z. Th. in absolutem Alkohol. Die Prüfung ergab, daß die Lebern — sowohl die von **Buthus occitanus** als die von **Scorpio murensis** — reich an Diastase und an einem tryptischen Enzyme waren, welches bei 38—40° C. innerhalb einer Stunde eine einzelne Flocke wie größere Mengen rohen Fibrins vollständig verdauete, während es in schwach thymoli-

[1]) Vergl. *Plateau, F.*, Recherches sur la structure de l'appareil digestif et sur les phénomènes de la digestion chez les Aranéides dipneumones. Bruxelles. 1877.

sirter 2%iger Sodalösung zur Verdauung von gekochtem Fibrin, welches sich in dem Verdauungsgemische bald schwarzbraun färbte, mittelst der Leberglycerinauszüge oder mittelst der, aus den Trockenpräparaten durch Selbstverdauung erhaltenen künstlichen Verdauungssäften 1—2 Tage bedurfte. In 0.1—0.2%iger Salzsäure wurde von den Leberglycerinextracten weder rohes noch gekochtes Fibrin bei 38—40° C. verdaut; ein peptisches Enzym fehlte demnach in den Lebern dieser Scorpione. Die Reaction des Darminhaltes war sowohl bei Buthus occitanus als bei Scorpio murensis bis zum Enddarme deutlich alkalisch, und die kreidigen Concremente, welche letzterer enthielt, bestanden aus reinstem, aschefreiem Guanin[1]).

[1]) Cf. *Krukenberg*, Unters. der Fleischextracte verschiedener Fische und Wirbellosen. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. IV. Heft 1. S. 33—63. Aus der Naturalienhandlung von Herrn *Heine* in Leipzig erhielt ich vor Kurzem eine größere Anzahl von Saturnia Pernyi. Es ist dieses jene Schmetterlingsart, in deren Spiegelflecken *Leydig* (Arch. f. mikr. Anat. Bd. XII. S. 538) Guanin vermuthete; aber weder in den Spiegelflecken noch in dem kreidigen Anfluge, welcher bei Saturnia besonders die vorderen Ränder der Flügel bedeckt, ließ sich Guanin durch die Probe mit Salpetersäure und Natronlauge nachweisen. Sowohl die weißen Partien der Flügel wie die Spiegelflecke wurden deshalb gesondert mit schwacher Natronlauge ausgekocht; die Lösungen wurden durch Salzsäure genau neutralisirt, die dabei sogleich entstandenen guaninfreien Niederschläge möglichst rasch abfiltrirt und die auf dem Wasserbade concentrirten Filtrate monatelang stehen gelassen. Nachweisbare Mengen von Guanin hatten sich nach dieser Zeit in den Flüssigkeiten nicht ausgeschieden, und ich darf vielleicht um so mehr meinem Zweifel an dem Guaninvorkommen in den Flügeln von Saturnia Pernyi Ausdruck geben, als bei directer Prüfung sowohl des weißen Anfluges auf den Flügeln wie der Spiegelflecke, die durch organische Stoffe veranlaßte Färbung des Salpetersäure-Verdampfungsrückstandes eine sehr geringfügige war, welche die Guaninreaction bei nur einigermaßen starkem Auftreten unmöglich hätte verdecken können. Meine Untersuchungen der ausnehmend großen Spiegelflecke und des reifartigen Beschlages auf den Flügeln von Attacus Mylitta, einer andern Saturnide, auf Guanin lieferten gleichfalls ein vollkommen negatives Resultat, und auch aus den silberweißen Flügeln mehrerer Exemplare von Plusia chrysitis ließ sich nach den

Maly[1]) spricht seine Verwunderung darüber aus, daß „in meinen Beobachtungen über den Enzymbestand bei niederen Thieren über den Doliumspeichel, das auffallendste aller Gastropodensecrete, nichts vorkomme“. Bekanntlich habe ich aber schon ein volles Halbjahr bevor *Maly* seine Arbeit der Academie in Wien übergab, die Mittheilungen[2]) meiner Versuchsergebnisse über einen ev. Enzymgehalt des stark schwefelsäurehaltigen Secretes von Cassidaria echinophora, welches sich, wie ich annehmen durfte, in dieser Beziehung ganz so wie das von Dolium verhält, allen Forschern, wenigstens in Europa, von denen ich ver-

---

gebräuchlichen Methoden kein Guanin abscheiden oder in denselben durch Reactionen direct nachweisen.

[1]) *Maly, R.*, Notizen über die Bildung freier Schwefelsäure und einige andere chemische Verhältnisse der Gastropoden, besonders von Dolium galea. Sitzungsb. d. k. Acad. d. Wiss. in Wien. II. Abth. März-Heft. 1880. S. 376—386. — Viele der Berücksichtigung werthe Abhandlungen über die sauren Secrete der Gastropoden scheinen *Maly* wie anderen Forschern vollständig unbekannt geblieben zu sein; ich lasse deshalb hier ein Literaturverzeichniß der hervorragenderen Arbeiten über diesen Gegenstand folgen.

Troschel, Ueber den Speichel von Dolium galea. Journ. f. pract. Chemie. Bd. 63. 1854. S. 170—179, Monatsb. d. Berliner Academie. 1854. S. 486—494 und Annalen d. Physik u. Chemie. Bd. 93. 1854. S. 614—623.

Preyer, W., Ueber das für Speichel gehaltene Secret von Dolium galea *Lam.* Sitzungsb. d. niederrheinischen Gesellsch. f. Natur- u. Heilkunde zu Bonn. 1866. S. 6—9.

de Luca, S. u. *Panceri, P.*, Recherches sur la salive et sur les organes salivaires du Dolium Galea. Compt. rend. T. 65. 1867. p. 577—579, p. 712—715 und Ann. d. scienc. nat. Zoologie. Sér. V. T. 8. 1867. p. 82—88.

Panceri, P., Nouvelles observations sur la salive des Mollusques gastéropodes. Ann. d. scienc. nat. Zoologie. Sér. V. T. 10. 1868. p. 89—100.

Panceri, P., Gli organi e la secrezione dell' acido solforico nei gasteropodi con un' appendice relativa ad altre glandole dei medesimi. Estr. dal Vol. IV degli Atti della R. Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche. Napoli. 1869.

[2]) *Krukenberg*, Ueber die Verdauungsvorgänge bei den Cephalopoden, Gastropoden und Lamellibranchiaten. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 402—417.

muthen konnte, daß sie sich für diese Frage interessiren würden, zugesandt; auch *Maly* hat die Abhandlung damals erhalten und sie in seinem Jahresberichte für 1879 (S. 262) bereits erwähnt. Ich war zu der Annahme, daß die Secrete der acidogenen Drüsen von Cassidaria und Dolium in functioneller Beziehung nicht nennenswerth von einander abweichen, um so mehr berechtigt, als schon *Panceri*[1]) von dem sauren Secrete bei Dolium angegeben hatte: „Je savais du reste, que ce liquide n'exerce aucune action digestive sur les substances animales et végétales; les morceaux d'albumine, de chair et d'algues, que j'avais mis dans le liquide des glandes du Dolium depuis le mois de septembre, étaient encore intacts comme dès le premier jour"[2]), womit meine

[1]) *Panceri*, Ann. d. scienc. nat. Zoologie. Sér. V. T. X. p. 95.

[2]) *Maly* (l. c., S. 379) hält es für nöthig zu betonen, „*Hoppe-Seyler* habe einmal speciell darauf hingewiesen, daß es wünschenswerth wäre zu untersuchen, ob ein pepsinähnliches Enzym im Doliumspeichel enthalten sei". Mit diesem Wunsche geht es, wie man aus dem Obigen ersieht, aber wie mit mehreren anderen, welche *Hoppe-Seyler* in seinen Schriften ausgesprochen hat (z. B. sagt auch *Hoppe-Seyler* [Physiol. Chemie. I. Th. 1877. S. 83] bei Besprechung des Glycogenvorkommens: „Die Untersuchungen der Plasmodien von Myxomyceten würden in dieser Hinsicht gute Aufschlüsse versprechen", ohne zu wissen, daß das Glycogenvorkommen im Plasmodium von Aethalium schon 1866 von *Kühne* festgestellt ist): sie waren schon lange in Erfüllung gegangen, bevor sie bei ihm erwachten. — Meine Achtung gegenüber dem Charakter und den Leistungen von *Panceri* verpflichtet mich, eine andere Ungehörigkeit in der *Maly*'schen Abhandlung zu corrigiren. *Maly* sagt (l. c., S. 377), *de Luca* und *Panceri* hätten das Vorkommen freier Schwefelsäure im sog. Doliumspeichel nochmals als neu entdeckt angegeben; das ist diesen Forschern aber niemals in den Sinn gekommen. Sowohl in ihrer vorläufigen Mittheilung (Compt. rend. T. 65. p. 579) als in ihrer ersten vollständigen Arbeit (Ann. d. scienc. nat. 1867. p. 84) heben sie ausdrücklich hervor, daß einer von ihnen —, es war *Panceri*, — durch *Joh. Müller* darauf hingewiesen sei, die Beobachtungen über diesen Gegenstand zu wiederholen; sie erwähnen die Mittheilungen von *Troschel* und *Bödecker*, bemerken zwar, daß diese vergessen und, wie man wohl sagen könne, auch in Zweifel gezogen seien, da, soviel ihnen bekannt geworden wäre, nur *Bronn*, sonst aber kein chemischer und physiologischer Schrift-

an **Cassidaria** gewonnenen Resultate vollständig übereinstimmen, und von denen auch die, welche *Maly* erhielt, in nichts abweichen.

Lange Zeit huldigte ich der von fast allen Untersuchern getheilten Auffassung, daß das Secret der acidogenen Drüsen von **Dolium** und **Cassidaria** ein reines Excret darstellt. Wie am Endabschnitte des Darmrohres bei vielen Evertebraten acidogene Drüsen von rein excretorischer Bedeutung vorhanden sind, so könnten dieselben bei einigen Wirbellosen auch sehr wohl am Vordertheile des Darmes gelagert sein. Obschon ich der Ansicht bin, daß alle erfolgreichen Untersuchungen über die Säurebildung in Drüsen aus alkalischem Blute vergleichend physiologisch und vergleichend anatomisch ausgeführt werden müssen, daß diese sich nicht allein auf die, so leicht zu absurden Speculationen verleitenden, Schwefelsäure bildenden Drüsen bei **Dolium**, sondern in gleicher Weise sich auch auf die Ameisensäure liefernden[1]) bei **Formica** und den **Cnethocampa**-Raupen, auf die Buttersäure bildenden[2]) bei **Carabus**, auf die saure Nitrokörper producirenden[3]) bei **Brachinus** etc. beziehen müssen, so glaube ich dennoch, daß für das Verständniß der Function des schwefelsäurehaltigen Saftes bei Gastropoden den Untersuchern der meiste

---

steller dieselben berücksichtigt habe. Letzterer Zusatz ist von *Panceri* später selbst berichtigt. Auf die anderen historischen Angaben *Maly*'s einzugehen, darf ich unterlassen; denn für die Geschichte sind die zusammenfassenden Arbeiten *Panceri*'s mit vollem Rechte die maßgebenden geworden.

[1]) Die Arbeiten über den Ameisensäure-haltigen Saft der Formiciden finden sich zusammengestellt im „Handbuch der organischen Chemie“ von *L. Gmelin*. 4. Aufl. Heidelberg. 1848. Bd. I. S. 226. Ueber das Vorkommen der Ameisensäure in den Raupen des Processionsspinners vergl. *Fr. Will*. *Froriep*'s Notizen. Bd. VII. S. 141.

[2]) Cf. *Pelouze*, *J.*, Sur la nature du liquide sécrété par la glande abdominale des insectes du genre Carabe. Compt. rend. T. 43. 1856. p. 123 bis 125. — *Duméril*, Remarques sur des sécrétions analogues chez d'autres insectes. Ibid. p. 125—127.

[3]) Vgl. S. 49.

Gewinn alsdann erwächst, wenn die Methode der Vergleichung in diesem Falle auf den Typus der Mollusken beschränkt bleibt.

Ich habe schon früher darauf hingewiesen[1]), wie verschieden die Reaction der Vorderdarmdrüsen und ihrer Secrete, deren physiologischer Werth uns nicht nur bei Dolium, sondern bei allen Mollusken — die Cephalopoden nicht ausgenommen — vollständig dunkel ist, bei verschiedenen Gastropoden- und Cephalopodenarten gefunden wird. Ein neues merkwürdiges Beispiel dafür liefert Doriopsis limbata[2]). Bei dieser Nacktschnecke, deren Verdauungsapparat auf Tafel II dargestellt ist, finden sich am Vorderdarme zwei Paare von acidogenen Drüsen, deren Ausführungsgänge ihr Secret, ziemlich entfernt von einander, in das Verdauungsrohr ergießen.

Das erste Paar der acidogenen Drüsen (Taf. II. *a*), die Munddrüse *Bergh*'s, besitzt einen einheitlichen Ausführungsgang, welcher durch die Verschmelzung der Ausführungsgänge beider Drüsen entsteht und hinten in der Mundröhre (*e*) mündet. Von dem zweiten Paare der acidogenen Drüsen (*b*), den Speicheldrüsen der Autoren, besitzt jede Drüse ihren separaten Ausführungsgang, sodaß deren zwei vorhanden sind. *C* stellt auf der Tafel die Blutdrüse dar, nur durch Gefäße mit dem Darmrohre verbunden, und *d* ist die Leber. Die Secrete sowie das Gewebe der acidogenen Drüsen reagiren auf Lackmus constant deutlich, bisweilen stark sauer; das Gewebe der Blutdrüse und der Leber dagegen stets neutral oder schwach alkalisch.

Eine ansehnliche Menge der einzelnen, theils von meinem Freunde Graf *Haller*, theils von mir sorgfältigst präparirten Drüsen

---

[1]) *Krukenberg*, Ueber die Verdauungsvorgänge bei den Cephalopoden etc. l. c., S. 405 u. 407.

[2]) Zu den folgenden kurzen Notizen über die Anatomie des Verdauungsapparates dieses Gastropoden vergleiche: *Bergh*, *R.*, Die Doriopsen des Mittelmeeres. Sep.-Abdr. a. d. Jahrb. d. d. malakozoolog. Ges. Jahrg. VII. 1880.

wurden zur Hälfte mit Glycerin extrahirt, zur Hälfte durch absoluten Alkohol, der wiederholt erneuert wurde, conservirt und in bekannter Weise von mir auf Enzyme geprüft. Es ergab sich, daß die beiden acidogenen Drüsenpaare durchaus frei von einem peptischen, tryptischen und diastatischen Enzyme sind, daß die Leber hingegen (vielleicht constant) reichlich ein diastatisches Enzym und daneben, individuell schwankend, bald ein peptisches, bald ein tryptisches, bald ein peptisches + tryptisches Enzym enthält. Auch in der Blutdrüse schienen mir, zwar nur außerordentlich geringe Mengen eines diastatischen und peptischen Enzymes vorhanden zu sein, über deren Herkunft sich aber selbstverständlich nichts aussagen läßt.

Aehnlichen Verhältnissen wie bei Doriopsis limbata begegnete ich auch bei dem, um Triest häufigen rothbraunen Pleurobranchus (Species?), der dort ungefähr dieselbe Größe wie Doriopsis erreicht. Auch bei diesem Pleurobranchier[1]) — dessen Nierenconcremente, wie ich durch die Murexidprobe feststellte, zugleich sehr reich an amorph ausgeschiedenen Uraten sind, — finden sich am Verdauungsapparate außer der Leber zwei anatomisch scharf gesonderte Drüsenpaare, deren Auszüge enzymatisch unwirksam sind. Während das enzymbildende Lebergewebe stets neutral oder schwach alkalisch reagirt, ist die Reaction der sog. Speicheldrüsen, welche in starker Verästelung die Leberoberfläche theilweise überziehen, eine starke saure.

Der Befund von zwei acidogenen Drüsenpaaren am Vorderdarme von Doriopsis limbata, welche ihrer Lage nach den Vergleich mit den beiden Vorderdarmdrüsenpaaren bei Eledone moschata, die auf der Schnittfläche aber constant alkalisch reagiren, sehr nahe legen, dürfte wie viele andere lehren, wie ver-

[1]) Vgl. *Lacaze-Duthiers, H.*, Histoire anatomique et physiologique du Pleurobranche orange. Ann. d. scienc. nat. Zoologie. IV. Série. T. XI. 1859. p. 199—302.

früht alle Ideen über den functionellen Werth der Darmdrüsen mit Ausnahme der Leber, über deren Nutzen wir wenigstens einiges sagen können, bei den Mollusken zur Zeit erscheinen müssen.

Erklärung der Tafel II.

Der Verdauungstractus mit seinen Drüsen von Doriopsis limbata (*Cuv.*).

a = erstes acidogenes Drüsenpaar (Munddrüse der Autoren).
b = zweites acidogenes Drüsenpaar (Speicheldrüsen d. A.).
c = Blutdrüse *Bergh*'s, durch Blutgefäße mit dem Darmrohre verbunden.
d = Leber.
e = Mundröhre *Bergh*'s.
f = Darm (*f* vorn = Schlundkopf *Bergh*'s, *f* hinten = Speiseröhre *Bergh*'s).
g = Enddarm.



Die Farbstoffe der Federn.

Erste Mittheilung.

(Hierzu Taf. III.)

Gerade die auffälligsten biologischen Unterschiede zwischen den einzelnen Thierarten, welche sich in ihrer Größe und Lebensdauer, dem differenten cellularen und materiellen Aufbau, in den Producten des Stoffwechsels zu erkennen geben, sowie die auffallendsten Lebenserscheinungen überhaupt (z. B. beschränktes Wachsthum, ja selbst rasch erfolgender Tod [viele Rodentia] in engen Behältern; verschiedene Resistenzfähigkeit von Vertretern ein und derselben Species oder von nahe verwandten Formen gegen schädliche Einflüsse; Entstehung des Geschlechtes, beherrscht von dem Gesetz der großen Zahlen etc. etc.) sind der Ausdruck von sicherlich sehr vielen, theilweise auch wohl von ganz entgegengesetzt wirkenden biologischen Vorgängen, in welche vielleicht erst dann etwas Licht dringen wird, wenn es gelingt, diese zu zerlegen und das Zustandekommen jedes Einzelprocesses durch ein allgemeines biologisches Gesetz, welches sich selbstverständlich nur aus einer vergleichend physiologischen Behandlung ergeben kann, zu erklären. Gesetze dieser Art, d. h. bündige Ausdrücke für eine größere Anzahl functionell ähnlicher oder selbst gleicher Vorgänge sind z. B. das Gesetz der functionellen Correlation oder des regulirenden Antagonismus —, theils (bei den paarig angelegten Organen) sich äußernd in einer compensirenden Hypertrophie, theils in einer compensirenden Functionsverstärkung resp. einem Leistungsfähigwerden von Organen, die zwar eine qualitativ ähnliche, aber eine quantitativ viel geringere Leistung unter normalen Verhältnissen ausüben, ev. unter Umständen entfalten können

als das Hauptorgan —, das Gesetz der bilateral symmetrischen Functionen, das Gesetz der periodischen Wiederkehr, das Gesetz der materiellen und formellen Substitution der Gewebe und Secrete, das Gesetz der intermittirenden Activität und der functionellen Restitution.

Einige dieser Gesetze sind im weitesten Umfang des Wortes allgemein biologische; sie beherrschen sowohl den lebenden Körper der Pflanze wie den des Thieres, wennschon die Mittel, welche sie durchführen helfen, nicht überall dieselben sind und auch nicht dieselben zu sein brauchen; andere haben dagegen eine beschränktere Verbreitung, wie beispielsweise das Gesetz der bilateral symmetrischen Functionen.

Meine Arbeiten über die Farbenwechselapparate bei verschiedenen Thieren können zeigen, wie ich mir die ersprießliche, eingehendere, vergleichend physiologische Bearbeitung einer complicirteren biologischen Erscheinung vorstelle, und in welcher Weise ich die noch verwickelteren Lebensphänomene einer vergleichend physiologischen Behandlung zugängig zu machen glaube, will ich für jetzt, wo noch viele nothwendige Vorarbeiten fehlen, durch die obigen Zeilen nur kurz angedeutet haben.

Eine der merkwürdigsten, zugleich aber auch eine der verwickeltsten Erscheinungen, welche periodisch und correspondirend mit dem Leistungsfähigwerden anderer Organe an einem Gewebe auftritt, ist die Entstehung des Hochzeitskleides bei Vögeln ohne Mauser. Lange unbeachtet geblieben, plötzlich in ihrem Vorkommen von *Schlegel*[1]) weit überschätzt, darauf von verschiedenen Forschern in Zweifel gezogen, ja völlig in Abrede gestellt, scheint (nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse zu urtheilen) eine periodische Verfärbung von Federn ohne Mauser wenigstens bei einigen Vögeln doch thatsächlich vorzukommen.

---

[1]) *Schlegel, H.*, Sendschreiben an die am 6. Juli 1852 zu Altenburg versammelten Naturforscher. Naumannia. Bd. II. Heft 2. 1852. S. 19—40.

Es ist fast unmöglich, sich nach der, in's Ungeheuere angewachsenen Literatur über den Farbenwechsel der Vögel nur eine Ansicht über den wahrscheinlichen Thatbestand zu bilden. Die Angaben der einzelnen Beobachter weichen unter einander ganz außerordentlich ab, und viele der Forscher sind zugleich nicht frei von Vorurtheilen; sie können nicht glauben, daß in einer Feder, deren Seele wasserärmer geworden ist, neues Leben erwacht. Das plötzliche Ergrauen des Haares bei Menschen und Thieren läßt diese vorgefaßte Meinung allein als unberechtigt erscheinen, und daß auch bei vielen Vögeln eine Umfärbung der Federn sowohl in lichtere als in dunklere Töne ohne Mauser wirklich existirt, dürfte seit den Beobachtungen von *E. F. v. Homeyer*[1]), *Martin*[2]), *Schlegel*[3]), *Chr. L. Brehm*[4]), *Gætke*[5]), *Meves*[6]), *Weinland*[7]),

[1]) *v. Homeyer, E. F.*, Ueber den Federwechsel der Vögel. Naumannia. Bd. III. 1853. S. 64—78.

—, Ueber den Federwechsel, namentlich der Wasservögel. Rhea. Heft 2. 1849. S. 159—165.

—, Ein ferneres Wort über das Ausfärben. Journ. f. Ornith. von *Cabanis*. 1855. S. 113—117.

[2]) *Martin, L.*, Ueber den Farbenwechsel bei Muscicapa collaris, atricapilla und parva im Frühlinge. Journ. für Ornith. 1853. S. 16—19.

—, Die flüchtigen Farben in der Bedeckung der Säugethiere u. Vögel. Zoolog. Garten. XX. Jahrg. 1879. S. 249—252.

[3]) *Schlegel, H.*, Verfärbung des Gefieders. Journ. f. Ornith. 1853. S. 67. 1854. S. 356 u. Naumannia. 1855. S. 250.

[4]) *Brehm, Chr. L.*, Die Mauser der jungen Raubvögel u. der Uebergang ihres Jugendkleides in das ausgefärbte. Journ. f. Ornith. 1853. S. 196—206, 264—265 u. 339—346.

—, Gegen *Schlegel*'s Meinung über die Verfärbung des Gefieders. Ibid. S. 347—351.

—, Verfärbung und Federwechsel der europ. Seeschwalben. Ibid. 1854. S. 317—321.

[5]) *Gætke, H.*, Einige Beobachtungen über Farbenwechsel durch Umfärbung ohne Mauser. Journ. f. Ornith. 1854. S. 321—328.

[6]) *Meves, W.*, Ueber die Farbenveränderung der Vögel durch u. ohne Mauser. Journ. f. Ornith. 1855. S. 230—238.

[7]) *Weinland, D. F.*, Zur Verfärbung der Vogelfeder ohne Mauser.

Dœbner[1]) u. A. als ausgemacht gelten. Zweifelhaft bleibt meines Erachtens nur, ob es sich in den Fällen, wo die Feder eine Umfärbung erfährt, um eine Veränderung der in ihr bereits vorhandenen Stoffe durch äußere resp. innere Einflüsse, oder um einen Transport von Farbstoffen, resp. Chromogenen durch den Säftestrom aus dem Körper in die Federn handelt. Um die exacte Lösung dieser Fragen, hypothetisch schon so oft versucht, anzustreben, schien es mir vor allem erforderlich, die Farbstoffe der Federn besser kennen zu lernen, als es aus den, in der Literatur beschriebenen Versuchen gegenwärtig möglich ist. Die Ergebnisse meiner ersten Untersuchungen in dieser Richtung sollen im Folgenden mitgetheilt werden.

Der bei Weitem interessanteste Farbstoff, welcher in Vogelfedern, und ausschließlich in diesen, bislang aufgefunden wurde, ist zweifellos das

Turacin.

Die Pisang- oder Bananenfresser (Musophagiden, Tourakos), eine kleine, nach *Ph. Lutley Sclater* (The Student. Augustheft, 1868) 18 Arten umfassende Familie[2]), sind nur in den Wäldern von Afrika heimisch; sie bilden, da sie in anderen Gegenden der Erde durchaus unbekannt sind, eine der charakteristischsten Gruppen der sog. äthiopischen Fauna.

Jules Verreaux entdeckte während seines langen Aufenthaltes in Afrika, daß bei einer Musophagidenspecies, dem Helmvogel

---

Journ. f. Ornith. 1856. S. 125—129. Vgl. dazu *J. E. Schloßberger*, Chemie der Gewebe. Leipzig u. Heidelberg. 1856. Bd. I. S. 160 u. 303.

[1]) *Dœbner*, Ueber die Farbenveränderungen der Säugethiere u. Vögel namentlich in Weiss u. Schwarz. Zool. Garten. VI. Jahrg. 1865. S. 3—12.

[2]) In den letzten Jahren sind noch einige neue Arten dieser Familie entdeckt: Corythaïx Fischeri *Rchw.* (Journ. f. Ornithol. 4. Heft. 1878), C. Schüttii (*Cabanis*, Ornith. Centralbl. 1879. Nr. 23. S. 180) u. C. Reichenowii (*G. A. Fischer*, Ornith. Centralbl. 1880. Nr. 22. S. 174).

(Corythaïx albicristatus) die prächtig purpurvioletten 12 oder 14 Flügelfedern ihre Farbe verlieren, wenn sie durch den Regen feucht werden, daß sie abfärben, wenn man sie in diesem Zustande mit den Fingern reibt, beim Trocknen jedoch ihre Farbe wiedererhalten. Weitere Notizen hat *A. E. Brehm*[1]) über das Abfärben der lebenden Tourakos gesammelt; er sagt: „Diese" (von *Verreaux* zuerst beobachtete) „Thatsache ist seitdem allen aufgefallen, welche Helmvögel hielten und ihnen in reinen Gefäßen, zumal in Näpfen aus weißem Porzellan, Badewasser reichten. Ein Pärchen, welches *Enderes* beobachtete, färbte während seines Bades den Inhalt eines mittelgroßen Gefäßes so lebhaft, daß das Wasser schwachrother Tinte glich, badete sich aber täglich mehrere Male und sonderte dementsprechend eine erhebliche Menge von Farbstoff ab. So lange die Federn naß waren, spielte ihre purpurrothe Färbung stark in's Blaue; nachdem sie trocken geworden waren, leuchteten sie ebenso prachtvoll purpurn wie früher. Während der Mauser färbten sie bei Weitem nicht so stark ab als früher. Genau dasselbe habe ich an den von mir gepflegten Helmvögeln bemerkt. Auch nach dem Tode des Vogels mindert sich die Absonderung des Farbstoffes nicht: so wenigstens beobachteten *Westerman* u. *Schlegel*. Im Thiergarten zu Amsterdam wurde ein Helmvogel von Krämpfen befallen und wie gewöhnlich unter solchen Umständen mit kaltem Wasser begossen. Der Vogel blieb in derselben Lage, wie er gefallen war, liegen, lebte noch einige Stunden und starb endlich. Es zeigte sich jetzt, daß er auf der einen Seite trocken geworden, auf der dem Boden zugekehrten aber naß geblieben war, und man bemerkte nun, daß dieses noch nasse Roth des linken Flügels in Blau verwandelt worden war, während die rothe Färbung des vor dem Tode getrockneten rechten Flügels in vollkommener Schönheit sich erhalten hatte". Ferner

---

[1]) *Brehm*, *A. E.*, Thierleben. Abth. II. Die Vögel. Bd. I. Leipzig. 1878. S. 270.

fand *H. Schlegel* das Pigment in den Federn der todten Vögel unlöslich in Wasser, löslich aber in kaltem Salmiakgeist und in Seifenwasser. Auch *A. Bogdanow*[1]) untersuchte den, wie es heißt, im Leben roth, nach dem Tode blau erscheinenden Farbstoff der Tourakos, welchen er leicht durch Behandeln der Federn mit Ammoniak und Fällen des Auszuges mit Essigsäure gewinnen konnte; auf dem Filter behielt er ein rothes, in Masse gesehen, blau erscheinendes metallglänzendes Pulver zurück.

Chemisch ist der Farbstoff der Tourakofedern zuerst näher von *Church*[2]) untersucht, von welchem auch die Bezeichnung desselben als Turacin herrührt; seine Angaben beziehen sich auf die rothen Flügelfedern von vier verschiedenen Musophagidenarten, von welchen Musophaga violacea, Corythaïx albo-cristata und C. porphyreolopha namhaft gemacht werden. Spätere Mittheilungen über das Turacin verdanken wir *A. W. Hofmann*[3]), *W. Blasius*[4]) und *Pauly*[5]); es wird sich uns im Folgenden mehrfach Gelegenheit bieten, auf diese Arbeiten zurückzukommen.

---

[1]) *Bogdanow, A.*, Note sur le pigment des Touracos (Musophaga). Compt. rend. T. 54. 1862. p. 660—663.

Die Angaben über die Beobachtungen von *Verreaux* und *Schlegel* sind von mir dieser Abhandlung *Bogdanow*'s entnommen; obgleich jene in vielen Schriften citirt sind, so bin ich trotz der Hülfe mehrerer, in der ornithologischen Literatur wohl bewanderter Forscher nicht im Stande gewesen, die bezüglichen Originalmittheilungen von *Verreaux* und *Schlegel* aufzufinden; sowohl in Handbüchern wie in Specialabhandlungen, welche ihrer gedenken, vermisse ich die zugehörigen Literaturangaben. Ich würde sehr dankbar sein, wenn mir Jemand der Herren Ornithologen den gewünschten Aufschluß zukommen lassen könnte.

[2]) *Church, A. H.*, Researches on Turacine, an animal pigment containing copper. Chemical News. Vol. XIX. 1869. Nr. 496. S. 265.

—, Ueber Turacin. Ber. d. d. chem. Gesellsch. Jahrg. III. 1870. S. 459.

[3]) Bemerkungen *A. W. Hofmann*'s zu dem Referate von *Church*'s Untersuchung in den Ber. d. d. chem. Ges. a. a. O.

[4]) *Blasius, W.*, A. d. Sitzungsb. des Vereins f. Naturwiss. zu Braunschweig. Braunschweigische Anzeigen. 1877. Nr. 29. S. 362.

[5]) *Pauly*, Ibid. 1877. Nr. 41. S. 505.

Durch gütige Vermittlung von Herrn Professor Dr. *W. Blasius*, dem ich mich auch für mehrere andere werthvolle Federn zum wärmsten Danke verpflichtet fühle, erhielt ich aus dem Herzogl. Naturhistorischen Museum und aus dem Chemisch-pharmaceutischen Laboratorium des Polytechnikums zu Braunschweig turacinhaltige Flügelfedern, in theils größerer, theils geringerer Anzahl von folgenden Musophagidenarten: Musophaga violacea, Corythaïx persa s. Buffoni und C. Verreauxii (?)[1].

Das Turacin, welchem, wie sich aus dem Folgenden weiterhin ergeben wird, die rothen Theile der Bärte der primären und secundären Schwungfedern sowie die Halsfedern mehrerer Musophagidenarten ausschließlich (unvermischt mit einem andern rothen Farbstoffe) ihre Färbung verdanken, verhält sich gegen Reagentien, ähnlich dem Carmin, wie eine Säure. Es löst sich leicht in schwach (durch Ammoniak, Kali-, Natronlauge, Soda etc.) alkalisirten Flüssigkeiten, ist unlöslich in Lösungen von organischen (Essig-, Milch-, Oxal-, Gerb-, Benzoesäure etc.) wie anorganischen (Salz-, Salpetersäure etc.) Säuren und schwer löslich in Wasser, besser in warmem als in kaltem. Es gelang mir immer durch längeres Schütteln oder durch Erwärmen mit reinem destillirtem Wasser eine purpurroth gefärbte, turacinhaltige Flüssig-

[1]) Es waren Federn desselben, anfangs als Corythaïx Verreauxii bestimmten Vogels, von welchem Herrn Dr. *Pauly* Federn zur Untersuchung vorgelegen hatten, der nach Herrn Professor *Blasius* brieflicher Mittheilung vielleicht aber Corythaïx persa sein wird. Die Bestimmung der oben als Corythaïx persa s. Buffoni bezeichneten Art führte Herr Professor *Cabanis* aus. Uebrigens ist, wie schon *Church* hervorhob, die Identität des rothen Farbstoffes bei allen bislang untersuchten Musophagiden, auf deren Federn das Turacin im Vorkommen beschränkt zu sein scheint, hinreichend erwiesen, und es ist deshalb eine eingehendere Untersuchung des, wenn nur von Einer Species stammenden Turacins weit nöthiger, als eine nichts Neues versprechende Ausführung der bekannt gewordenen Turacinreactionen an den rothen Federn bislang ununtersucht gebliebener Corythaïx- und Musophagaarten, welche überdies sehr große Seltenheiten sind.

keit aus den fein zerschnittenen Federbärten zu erhalten, wennschon durch Wasser allein, ohne Alkalizusatz der Farbstoff meist außerordentlich schwer, in manchen Fällen wohl auch gar nicht aus den Federn in größerer Menge oder vollständig zu extrahiren ist. Als ungenau erweist sich demnach jedenfalls die Angabe von *Brehm*, daß „an getrockneten Bälgen äußere Waschungen mit Wasser nicht den mindesten Einfluß haben, und man nur dann, wenn ein Vogelbalg in verdünntem Ammoniak oder in Seifenwasser gelegen habe, wahrnehmen könne, daß die Flügel abfärben“, und in gleicher Weise erklärt sich aus der schweren Löslichkeit des Turacins in reinem Wasser die Ansicht von *Pauly*, daß „die rothe Farbe der Federn von zwei, wie es scheint, von einander verschiedenen Farbstoffen herrühre, von denen der eine in Wasser löslich, diesem eine rothe Farbe mit einem Stich in's Violette ertheile“; zwei verschiedene rothe Pigmente kommen in den Federn nicht vor, extrahirt man die mit Wasser gewaschenen Federbärte nachträglich mit schwach alkalischen Flüssigkeiten, so bekommt man auch noch den letzten Rest des Farbstoffes aus den Federn, welche sich dabei grauweiß färben, heraus, und die Reactionen beweisen, daß der von reinem Wasser aufgenommene rothe Körper und der, welcher in die alkalische Flüssigkeit überging, chemisch völlig identisch sind.

Auf Zusatz von organischen wie anorganischen Säuren zu der wässrigen oder nach Ueberneutralisation der alkalischen Lösung durch dieselben scheidet sich das Turacin in Flocken, die sich an der Oberfläche oder am Boden der Flüssigkeit sammeln, aus, ohne sich aber dabei für gewöhnlich irgendwie zu zersetzen; es läßt sich leicht durch alkalisirtes Wasser wieder in Lösung bringen. Der auf Essig- oder Salzsäurezusatz entstandene Niederschlag ist gleichmässig roth gefärbt und läßt bei starker Vergrößerung unter dem Mikroskope keine krystallinische Structur erkennen.

Wenn behauptet wird, die alkalische Lösung des Turacins sei anders gefärbt als die rein wässrige, so hat das lediglich darin seinen Grund, daß erstere concentrirter war, und wenn fernerhin angegeben wird, die mit Säuren versetzte Lösung erschiene in einem andern Roth als die alkalische oder wässrige, so erklärt sich das einfach dadurch, daß erstere gar keine Farbstofflösung, sondern eine Suspension ist.

Während die Spectren der rein wässrigen wie alkalischen Turacinlösungen stets die auf Taf. III. Spectr. 5, 6 u. 7 verzeichneten, je nach ihrer Concentration schmäleren oder breiteren Bänder erkennen lassen, haben die Absorptionsbänder des festen Turacins durchgängig eine wesentlich andere Lage (Taf. III. Spectr. 8 u. 9). Nicht nur das durch Säuren aus einer der Lösungen gefällte Turacin läßt, in der Flüssigkeit suspendirt, diese Abweichung in der Begrenzung seiner beiden Absorptionsstreifen erkennen, sondern in gleicher Weise auch das in den Federn diffus vertheilte. Um das Turacin in seinem natürlichen Vorkommen spectroskopisch beobachten zu können, genügt es schon, den rothen Federbart direct vor den Spalt des Spectralapparates zu bringen; die beiden Bänder erscheinen scharf abgegrenzt, wie es in Spectr. 9 auf Taf. III dargestellt ist. Die spectroskopische Untersuchung gestattet somit auch die sicherste Entscheidung zu treffen, ob sich das Turacin in einer Flüssigkeit nur suspendirt oder wirklich gelöst befindet.

Daß das Spectrum des Turacins zwei starke Absorptionsbänder besitzt, war schon *Church* bekannt; was aber dieses Spectrum, verglichen mit dem des Oxyhämoglobins (Taf III. Spectr. 1) und Carmins (Taf. III. Spectr. 3), besser noch mit dem des Pikrocarmins[1]), so hoch interessant erscheinen läßt, ist

[1]) Ueber die Spectren der Carminverbindungen vgl. *L. Malassez*, Note sur le spectre picrocarminate d'ammoniaque. Laboratoire d'histologie du Collège de France. Travaux de l'année 1876 publ. sous direction de *L. Ran-*

allen früheren Beobachtern vollständig entgangen, ja unter diesen — von denen einige sogar die Ansicht aussprachen, es zersetze sich das Turacin bei Abscheidung aus seiner Lösung durch Säure- (Essigsäure, Salzsäure) zusatz — hat sogar keiner bemerkt, daß das Spectrum des festen Turacins ein anderes ist als das des gelösten; dieses ist eine, für thierische Farbstoffe (das Hämoglobin z. B. zeigt bekanntlich ein ähnliches Verhalten nicht) immerhin seltene, ja ich darf vielleicht sagen, an diesen bislang ganz unbekannt gebliebene Erscheinung, während sie an gefärbten anorganischen Verbindungen, worauf zuerst *Vogel*[1]) hinwies, sehr häufig auftritt.

Von besonderer Wichtigkeit ist das Spectrum der Turacinlösung, weil bislang kein anderes bekannt geworden ist, welches mit dem des Oxyhämoglobins nicht nur in der Lage der Absorptionsbänder, sondern auch in deren differenter Stärke so auffallend übereinstimmt, daß beide Stoffe in verdünnteren Lösungen nur mit großer Sorgfalt, und kaum mit dieser immer spectroskopisch zu unterscheiden sind. Diese Thatsache läßt sich natürlich nur bei Prüfung verschieden starker Lösungen, was am besten mittelst des Hämoskopes geschieht, und nicht an einer so concentrirten Turacinlösung, deren Spectrum *Church* untersucht hat, feststellen. Vor allem wichtig ist, daß, abweichend von dem Spectrum des Carmins und Pikrocarmins, auch das erste Band im Spectrum des Turacins stets (sowohl des gelösten wie des festen Farbstoffes) das bei Weitem dunkelste von beiden ist; auch dieses Verhalten, welches das Turacin mit dem Oxyhämoglobin theilt, ist bis jetzt unbekannt geblieben. Nur in Einem Punkte unterscheidet sich

---

vier. Paris. 1877. p. 146—148. Da in dieser Abhandlung die Muttersubstanz des Carmins, die Cochenille, unberücksichtigt blieb, so habe ich Taf. III. 4. das Spectrum des alkoholischen Cochenilleauszuges entworfen.

[1]) *Vogel*, *H. W.*, Monatsberichte d. Berliner Academie. Mai 1878. S. 409.

das Spectrum verdünnter Turacin- von dem verdünnter Oxyhämoglobinlösungen; dadurch nämlich, daß sich das zweite Band in den Turacinlösungen bei zunehmender Concentration viel rascher über E hinaus verbreitert als es in den Oxyhämoglobinlösungen geschieht.

Die große Uebereinstimmung zwischen dem Spectrum des Turacins und dem des Oxyhämoglobins gewinnt noch sehr an Interesse durch folgende Ergebnisse meiner Versuche, aus welchen eine große chemische Verschiedenheit beider Substanzen ersichtlich werden wird.

Stundenlanges Einleiten und Schütteln der Turacinlösung mit Kohlensäure, Kohlenoxyd oder Sauerstoffgas läßt den Farbstoff durchaus intact; sowohl sein Spectrum bleibt genau das frühere als auch die Farbe seiner Lösung. Bei längerem Stehen nach Zusatz mehrerer Tropfen einer frisch angefertigten concentrirten Schwefelammoniumlösung verändert sich das Spectrum der Turacinlösung nicht; die Flüssigkeit trübt sich ein wenig und verliert in Folge dessen an Lüstre; auch nach tagelanger Einwirkung des Schwefelammoniums sieht man zwar den Niederschlag stärker und dunkler werden, aber das Spectrum des Turacins bleibt unverändert. In einer mit Schwefelwasserstoff gesättigten Turacinlösung erscheint allmälig ein grauer, flockiger Niederschlag; das Spectrum der stark nach Schwefelwasserstoff riechenden, aber alkalisch reagirenden Flüssigkeit bleibt jedoch auch in diesem Falle immer das alte. Nicht alle Säuren (CO_2 und SH_2 machen demnach eine Ausnahme) fällen also das Turacin aus seiner rein wäßrigen oder alkalischen Lösung.

Weder der Verdampfungsrückstand der wäßrigen Turacinlösung noch das auf Essigsäurezusatz in dieser entstandene Präcipitat geben nach anhaltendem Erwärmen auf dem Wasserbade mit Eisessig und Kochsalz mikroskopisch wahrnehmbare Krystalle eines organischen Körpers, welche auch nur entfernt an *Teichmann*'sche Häminkrystalle erinnern könnten.

Es ist gesagt, das Turacin würde aus seinen Lösungen auch durch Salze gefällt; das ist aber nur für einige Salze zutreffend. Alaun und basisch essigsaures Blei z. B. fällen den Farbstoff, und dieser zeigt alsdann dasselbe Verhalten wie der durch Essigsäure niedergeschlagene; durch gesättigte Kochsalzlösungen wird das Turacin aber beispielsweise nicht gefällt, auch nicht beim Eintragen von festem Kochsalz in die neutrale oder alkalische Turacinlösung: in dem Filtrate ist die Lage der beiden Absorptionsbänder unverändert geblieben.

Das Turacin läßt sich den Federn weder (wie bekannt ist) durch Aethylalkohol und Aether, noch durch Benzin, Schwefelkohlenstoff, Chloroform, Amylalkohol, Glycerin und fette Oele entziehen; auch das durch Säuren aus seinen Lösungen niedergeschlagene Turacin löst sich in diesen Flüssigkeiten nicht. Trotzdem kann aber der wäßrigen resp. schwach alkalischen Turacinlösung reichlich Alkohol oder mit Chloroform, Aether etc. gemischter Alkohol zugesetzt werden, ohne daß sich das Turacin ausscheidet.

Das Turacin verträgt ohne zersetzt zu werden eine Erwärmung weit über 100° C.; zugleich ist es auch sehr lichtbeständig, — wie es scheint, mehr das Trockenpräparat und der noch in den Federn enthaltene Farbstoff als die Turacinlösungen. In letzteren bildet sich, wenn sie einige Zeit in offenen Gefäßen am Lichte (ungleich langsamer im Dunkeln) gestanden haben, ein weißer Niederschlag und die Farbstofflösung scheint entsprechend dem Anwachsen des Bodensatzes allmälig mehr und mehr zu verblassen.

Todte pflanzliche wie thierische Gewebe, welche eine große Verwandtschaft zum Carmin besitzen, färben sich durch Turacin nur schwach oder gar nicht. Dem zur Filtration der Turacinlösungen benutzten Papiere läßt sich der Farbstoff durch Erwärmen mit Wasser leicht wieder entziehen und in Turacinlösungen

gelegte feine Schnitte von thierischen Geweben, welche aus verdünnten Carminlösungen den Farbstoff außerordentlich rasch anziehen und sich damit intensiv röthen, blieben darin ungefärbt.

Wird eine Turacinlösung mit Salpetersäure versetzt, so zersetzt sich der Farbstoff, und die beiden Absorptionsbänder verschwinden aus dem Spectrum vollständig. Rauchende Salpetersäure zerstört das trockne Turacin schon in der Kälte rasch unter Schwarzfärbung, verdünnte reine Salpetersäure dagegen erst allmälig. In concentrirter Schwefelsäure löst sich das Turacin mit purpurvioletter Farbe, und die Lösung zeigt, sobald die Umsetzung des Pigmentes vollendet ist, im ersten Stadium der Einwirkung drei Absorptionsbänder, von denen zwei sich zwischen *D* und *E* befinden, eins zwischen *b* und *F* liegt, und von welchen das zweite Band am stärksten hervortritt (Taf. III. 10); darauf verändert sich das Spectrum weiter, indem die drei früheren Absorptionsstreifen erlöschen, und an ihre Stelle zwei andere Bänder, (das eine vor *D*, das andere hinter *D*) auftreten (Taf. III. 11). Dieses Spectrum behält die Schwefelsäurelösung tagelang. Diese, aus dem Turacin durch concentrirte Schwefelsäure entstandenen, spectroskopisch wohl charakterisirten, gefärbten Spaltungsproducte sind die einzigen, welche wir vom Turacin überhaupt erhalten konnten. Der durch Spectrum 10 gekennzeichnete Körper, welcher zuerst entsteht, möge **α-Turaceïn**, der zuletzt gebildete **β-Turaceïn** genannt werden. Es gelang mir nicht, aus diesen Körpern das Turacin zu regeneriren. Wurde die Turaceïnlösung durch Bariumcarbonat oder Natronlauge mit größter Vorsicht, damit sich das Gemisch möglichst wenig erhitzte, neutralisirt, der Bariumsulphatniederschlag mit Wasser ausgelaugt, die bedeutende und kaum gefärbte Flüssigkeitsmenge auf dem Wasserbade concentrirt, so erhielt ich in allen vier Fällen, wo ich diesen Versuch mit größeren Quantitäten von Turacin wiederholte, nur eine äußerst schwach tingirte Flüssigkeit, die wenigstens in zwei Malen das Spectrum 12

erkennen ließ; das in ihr, zwar nur in Spuren angetroffene Pigment könnte Turacin gewesen sein, zumal im Spectrum dieser Lösung bei stärkerer Concentration auch noch ein äußerst schwaches Band vor E auftrat, dessen Lage ich aber nicht näher zu bestimmen vermochte. Ob jedoch diese minimalen Quantitäten, — vorausgesetzt, sie hätten aus Turacin bestanden, — nicht von unzersetzt gebliebenem Farbstoff herrührten, ist eine andere Frage, welche ich in Hinblick auf Spectrum 11 und darauf, daß die Neutralisation der Schwefelsäure erst 30 bis 40 Stunden später als die Darstellung der Turaceïnlösung erfolgte, verneinen zu müssen glaube. — Durch concentrirte Natronlauge wird das Turacin beim Erwärmen zersetzt.

Man weiß durch *Church*, daß das aus seinen Lösungen durch Essig- oder Salzsäure gefällte Turacin schwefelfrei ist; es soll aber nach *Church* Stickstoff enthalten. Durch Schmelzen des, durch Essigsäure niedergeschlagenen Turacins (eine kleine Messerspitze voll von der getrockneten Substanz diente zu diesem Versuche) mit schwefelsäurefreier Soda und schwefelsäurefreiem Salpeter überzeugte ich mich von der Richtigkeit der *Church*'schen Angabe, daß das Turacin schwefelfrei ist; aber abweichend von ihm habe ich darin auch den Stickstoff durchaus vermißt. Eine Messerspitze voll von dem, auf dem Wasserbade vorsichtig getrockneten und völlig unzersetzt gebliebenen Turacin wurde in einem Glasröhrchen mit Natrium genügend lange geglüht, die Schmelze mit Wasser aufgenommen, mit Eisenvitriollösung und ein wenig Eisenchlorid versetzt, worauf nach Zusatz von Salzsäure kein Berlinerblauniederschlag, ja nicht einmal eine Blaufärbung entstand. Eine andere, zwar geringere Menge entwickelte mit Natronkalk kein Ammoniak. So sehr mich diese Befunde anfangs überraschten, sind sie mir, seitdem ich mich erinnerte, daß auch das Carmin stickstofffrei ist, sehr einleuchtend geworden.

Wie bekannt, enthält das Turacin reichlich Kupfer — nach

K. B. Hofmann[1]) 5 bis 8% —, zu dessen Nachweis es aber der vorausgegangenen Veraschung des Farbstoffes bedarf, da dasselbe direct darin nicht nachzuweisen ist. „Die Gegenwart des Kupfers", sagt *A. W. Hofmann*, „konnte in den rothen Federn schon beim Verbrennen an der grünen Farbe der Flamme erkannt werden. Die grünen Tourakofedern enthalten kein Kupfer; und auch bei den oben roth und unten grün gefärbten Federn beschränkt sich die Gegenwart des Kupfers auf den rothen Theil des Federbartes." In dem, durch Essigsäure aus seiner Lösung gefällten Turacin fand ich viel Kupfer; wurde die Turacinasche in verdünnter Salzsäure gelöst, so färbte sich die Flüssigkeit auf Zusatz von einigen Tropfen Salmiakgeist azurblau. Wie ich an der Schmelze mit Soda und Salpeter erkannte, ist die Asche durchaus frei von Mangan, sie enthielt aber außer Kupfer noch bemerkenswerthe Mengen von Eisen, welche ich darin nach der an einem andern Orte von mir[2]) beschriebenen Methode nachwies, und die viel zu bedeutend waren, als daß man sie auf zufällige Verunreinigungen beziehen könnte.

Das Turacin ist in seinem Vorkommen nicht auf die rothen Partien der Federbärte beschränkt, auch die schwarzen, bläulich schillernden Schäfte und Barttheile der stellenweise rothen Federn enthalten eine, zwar sehr geringe Menge davon; aber weder die Prüfung auf Kupfer, noch die directe spectroskopische Untersuchung reicht aus, um die höchst minimalen Spuren von Turacin auch in diesen Theilen zu entdecken; zu deren Nachweis ist es nöthig, eine größere Quantität der schwarzen Federtheile, sorgfältig gereinigt von den rothen Stellen, mit verdünnten Alkalien warm zu extrahiren, und die so erhaltene Farbstofflösung spectroskopisch zu untersuchen.

Das Turacin ist in den roth gefärbten Federpartien der

[1]) *Hofmann*, *K. B.*, Lehrbuch der Zoochemie. Wien. 1876. S. 12.
[2]) Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 288.

Musophagiden (Musophaga violacea, Corithaïx Buffoni) gleichmäßig vertheilt und nicht in mikroskopisch unterscheidbaren Körnchen oder Tropfen darin vorhanden. Sowohl die schwarzen, bläulich schillernden Stellen dieser Federn wie ihre Schäfte zeigen unter dem Mikroskope ein schwach gelbröthliches Colorit, welches ebenfalls durch Turacin bedingt zu sein scheint, mikroskopisch aber nicht als solches zu erkennen ist. Bei den blauviolett schillernden Rückenfedern von Corythaïx Buffoni sind, wie die mikroskopische Beobachtung lehrte, nur die Federäste mit ihren Anhängen chagrinartig röthlichgelb tingirt; diese, mit sehr verdünnter Natronlauge erwärmt, lieferten aber keine turacinhaltige Lösung, sondern eine unansehnliche, schmutzig gelb gefärbte Flüssigkeit. Auch die grünen Federn von Corythæola cristata waren frei von Turacin; Schaft und Aeste sind bei diesen durch ein gelbgrünes Pigment diffus gefärbt, welches aus Materialmangel nicht näher untersucht werden konnte.

Ein anderer rother Farbstoff, weit verbreitet nicht nur unter den Vögeln, sondern im ganzen Thierreiche — ich entdeckte ihn bei Spongien und bei Luvarus imperialis — ist das

Zoonerythrin.

Wodurch ich mich berechtigt glaube, die für das in Rede stehende Pigment jüngst häufiger angewandte Bezeichnung „Tetronerythrin“ durch die ältere „Zoonerythrin“ wieder zu ersetzen, habe ich in meiner Arbeit über Luvarus imperialis, welche zugleich die vollständige Literatur über diesen Farbstoff enthält, dargelegt. Die Eigenschaften dieses Farbstoffes sind von mir und anderen wiederholt beschrieben, sodaß auch diese hier keiner abermaligen Aufzählung bedürfen.

Das Zoonerythrin wurde zuerst von Bogdanow aus den rothen Federn von Calurus auriceps erhalten, und auch die hellrothen Federn von Catinga cœrulea lieferten ihm einen ähnlichen Farb-

stoff; später bei Waldhähnen von *Wurm* aufgefunden, habe ich sein Vorkommen weiter verfolgt und dieses Pigment aus den rothen Federn von Phœnicopterus antiquorum (Flamingo), Cardinalis virginianus (Cardinal) und von Pyrocephalus rubincus durch siedenden Alkohol extrahiren können. Außer in Alkohol, löst sich das Zooerythrin in Aether, Benzin, Schwefelkohlenstoff, Chloroform etc. und scheidet sich beim Verdunsten des Lösungsmittels unzersetzt in amorpher Form aus. Das Spectrum keiner der genannten Zooerythrinlösungen zeigt, bei Sonnen- oder Gaslicht untersucht, ein Absorptionsband; der continuirliche Theil des Spectrums vom Zooerythrin ist auf S. 96 dargestellt.

Bogdanow[1]) hat geäußert, die rothen Farbstoffe ließen sich den Federn allgemein durch siedenden Alkohol entziehen; das wird ihm aber, wenn er Federn verschieden alter Vögel oder verschiedener Arten untersucht hat, in vielen Fällen sicherlich nicht leicht geworden sein.

Seit Monaten befinden sich bei mir einige intensiv rothgefärbte Flamingofedern in absolutem Alkohol, andere in alkoholischem Aether und eine dritte Partie in angesäuertem Alkohol. Die Flüssigkeiten sind sehr wenig gefärbt, und die Federn haben ihre Röthe behalten; selbst an Terpenthinöl haben diese ihren Farbstoff nach wochenlanger Aufbewahrung im Oele nicht abgegeben. Durch anhaltendes Kochen mit Alkohol ließ sich den Federn etwas rothes Pigment allerdings entziehen, aber die in den Alkohol übergegangene Farbstoffmenge war auch in diesem Falle nur eine geringe; wurden die Federn jedoch möglichst fein zerschnitten, so gelang es mir schon durch kalten Alkohol aus ihnen das rothe Pigment wenigstens theilweise zu extrahiren, und

[1]) *Bogdanow, An.*, Études sur les causes de la coloration des oiseaux. Compt. rend. T. 46. 1858. p. 780—781. — Derselbe, Die Farbstoffe in den Federn. Journ. f. Ornithol. von *Cabanis*. VI. Jahrg. 1858. S. 311—312.

durch siedenden Alkohol erhielt ich alles Zoonerythrin in Lösung (s. Spectrum auf S. 96). Auch durch Aether, Schwefelkohlenstoff, Chloroform oder Benzin läßt sich aus den fein zertheilten Flamingofedern eine mehr oder weniger große Quantität von Zoonerythrin schon in der Kälte ausziehen. Ungleich besser gelingt aber die Extraction, wenn man, worauf mich Herr Geheimerath *Kühne* aufmerksam machte, auf die, in möglichst kleine Stücke zerschnittenen Federn vor der Behandlung mit den Lösungsmitteln alkalische Trypsin- oder, was denselben Erfolg hat, saure (0,1—0,2 % Salzsäure enthaltende) Pepsinflüssigkeiten, welche durch einen zweckmäßigen Thymol- resp. Salicylsäurezusatz vor Fäulniß geschützt sind, längere Zeit (3—4 Tage) einwirken läßt.

Aus den so angedaueten Federn[1]) nimmt nicht nur kalter

[1]) So vielversprechend die Anwendung der Verdauungsmethode zur Extraction von Farbstoffen aus thierischen und pflanzlichen Geweben anfangs erscheinen mußte, und einen wie großen theoretisch als practisch wichtigen Erfolg dieselbe in manchen Fällen sicherlich erringen wird, so erwies sie sich jedoch ebenfalls für den Zweck als fruchtlos, um dessen willen wir sie zur Farbstoffextraction zuerst verwendet haben. — Bekanntlich hat man thierischen Haaren die Pigmente durch Lösungsmittel, welche für das Gewebe unschädlich sind, noch nicht zu entziehen vermocht; auch unsere Erwartung, daß die Haarfarbstoffe nach mehrtägiger Einwirkung von Trypsin- und Pepsinflüssigkeiten durch siedenden Alkohol, Aether, Benzin, Terpentinöl etc. etc. extrahirbar werden würden, hat sich nicht bewahrheitet. — Bei Wiederholung der *H. C. Sorby*'schen Versuche (On the Colouring Matters found in Human Hair. Journ. of the Anthropological Institute. Vol. VIII. 1878. S. 1—14) an rothen menschlichen Haaren (Erwärmen mit 1 Vol. starker Schwefelsäure und 2 Vol. Wasser bis zum Sieden) gelangte ich zu einem, von dem seinigen abweichenden Resultate. Der Farbstoff oder vielleicht ein Zersetzungsproduct desselben wurde, wie es mir schien, von der Schwefelsäure früher aufgenommen als das Haargewebe selbst eine tiefgreifendere Veränderung erfuhr. Die Haare blieben weniger gefärbt, z. Th. grauweiß und unzerstört in der Schwefelsäure zurück, während sich die Flüssigkeit intensiv rothbraun gefärbt hatte. Es gelang mir nicht, aus den, mit Wasser (zur Entfernung der, den Haaren anhaftenden Schwefelsäure) ausgewasche-

Alkohol, sondern nach dem Entwässern der Federn mit diesem auch Aether, Chloroform, Benzin, Schwefelkohlenstoff und Terpentinöl reichlich Zoonerythrin auf; ungenau, sowohl für das Zoonerythrin als, wie sich später zeigen wird, für das Zoofulvin ist deshalb die Angabe von *Bogdanow*, „diese Farbstoffe seien löslich in kochendem Alkohol und Aether, verhielten sich jedoch unlöslich gegen alle sonstigen Reagentien".

Sehr auffällig ist bei den Flamingos die große individuelle Verschiedenheit der Färbung. Vom leichtesten rosafarbigen Anfluge bis zum gleichmäßig tiefrosenroth gefärbten Federkleide, welches sonst nur noch der mittelamerikanische rothe Ibis (Ibis rubra) trägt, sieht man das Colorit dieser Vögel wechseln. Es ist wiederholt behauptet, der Flamingo verdanke der Fischnahrung die Farbe seines Gefieders. Jetzt, wo wir wissen, daß die Flamingofedern durch Zoonerythrin gefärbt sind, hat diese Ansicht ziemlich allen Halt verlören; überdies hat man jahrelang Flamingos ohne Fischfütterung gehalten und dabei durchaus keine Abnahme ihrer ursprünglichen Röthe beobachtet. Sehr richtig scheint mir die von *Fatio*[1]) ausgesprochene Vermuthung zu sein, daß das mehr oder weniger intensive Roth der Flamingos auf

nen Haaren durch lange Zeit fortgesetztes Auskochen mit absolutem Alkohol eine irgendwie gefärbte Flüssigkeit zu erhalten. Der bei Behandlung der Haare mit Schwefelsäure löslich gewordene Farbstoff mußte sich, wennschon in veränderter Form, in der Schwefelsäure befinden; diese wurde deshalb mit Bariumcarbonat neutralisirt, der weiße schwefelsaure Bariumniederschlag abfiltrirt und das gelb gefärbte Filtrat auf dem Wasserbade concentrirt. Die restirende, stark gelb gefärbte wäßrige Lösung zeigte kein Streifenspectrum; die rothen Strahlen wurden von ihr bis 37,5 (vgl. die Eintheilung des Spectrums auf Taf. III) und die des violetten Endes bis 30 (von 29 bis 30 nur unvollkommen) absorbirt. Auch in absolutem Alkohol erwies sich der Farbstoff als leicht löslich, unlöslich dagegen in Aether.

[1]) *Fatio, V.*, Des diverses modifications dans les formes et la coloration des plumes. Tiré des Mémoires de la Soc. de Physique et d'Hist. nat. de Genève. T. XVIII, 2me partie. Genève et Bâle. 1866. p. 30.

individuellen Schwankungen des natürlichen Fettgehaltes der Federn beruhe; denn nach Durchtränkung mit Oel erscheinen die Federn weit mehr geröthet als im lufttrocknen Zustande.

Genau so wie der Federfarbstoff von Phœnicopterus antiquorum verhielten sich gegen die Lösungsmittel die rothen Federn von Pyrocephalus rubincus, während hingegen aus den äußerst fein zerschnittenen Federn von Cardinalis virginianus durch längeres Auskochen mit absolutem Alkohol nur eine sehr schwach gefärbte Flüssigkeit zu erhalten war, welche beim Verdampfen auf dem Wasserbade einen mehr gelben als orangefarbigen Rückstand hinterließ. Als diese Federn aber der Trypsineinwirkung unterworfen waren, erhielt ich daraus mit siedendem Alkohol und Aether eine tieforangerothe Lösung, deren Pigment sich spectroskopisch wie durch andere Reactionen (Lichtempfindlichkeit, Verhalten gegen Natronlauge, Salz- und Salpetersäure) als Zoonerythrin auswies[1]).

Da sowohl mechanische (Zertheilung der Federn) wie chemische (Verdauung) Eingriffe die Extraction des Zoonerythrins aus den Federn außerordentlich erleichtern, wird wohl mehr die Structur der Federn als eine chemische Bindung des Farbstoffes zur Erklärung der Schwierigkeiten, welche sich bei verschiedenen Federn der Extraction in verschiedenem Grade entgegenstellen, herangezogen werden dürfen. Ich bin der Ansicht, daß besonders die Keratinhülle, welche den Farbstoff umgibt, seine Extraction erschwert resp. ganz verhindert. Durch sehr lange Einwirkung der eiweißverdauenden Enzyme wird bekanntlich auch das Keratin etwas verändert und darin dürfte es seine Erklärung

[1]) Auch die Federn des scharlachrothen Ibis (I. rubra) werden ausschließlich durch Zoonerythrin gefärbt sein. Die wenigen Federn, welche ich von diesem Vogel untersuchen konnte, gaben nach dreitägigem Verdauen mit Trypsin nur sehr wenig orangerothes Pigment an siedenden Alkohol ab. Der Farbstoff schien in seinen Eigenschaften dem Zoonerythrin zu gleichen, doch war die Identität mit diesem nicht sicher festzustellen.

finden, wenn wir aus den, mit Trypsin oder Pepsin behandelten Federn den Farbstoff ungleich leichter als direct aus den Federn extrahiren können.

Als ich gefunden hatte, daß die Verdauung auch bei der Extraction der Farbstoffe aus den Federn vortreffliche Dienste leistet, untersuchte ich weiterhin die braunrothen und gelbbraunen Federn, von denen ich erwartete, daß in ihnen Zoonerythrin mit Melanin oder Zoofuscin gemischt sei, aus denen ich aber unmittelbar auch nach möglichst feinem Zerschneiden der stark gefärbten Federbärte keinen Farbstoff durch siedenden Alkohol, Aether, Chloroform, Benzin, Schwefelkohlenstoff u. s. w. hatte extrahiren können. Die Rücken- und Brustfedern des Hähers (Garrulus glandarius), welche grau mit einem Stich in's Röthliche gefärbt sind, gaben jedoch selbst nach tagelanger Einwirkung äußerst kräftig wirkender Trypsin- und Pepsinlösungen kein Pigment an kochenden Alkohol, Aether, Chloroform etc. ab, und dasselbe muß ich von den gelbbraunen Federn der Schleiereule (Strix flammea) und den braunrothen Federn mehrerer tropischer Vögel berichten. Es scheint demnach, als ob die braunrothen und gelbbraunen Pigmente dem Melanin chemisch viel näher stehen, als die lichteren rothen und gelben Farbstoffe in den Federn; daß sich zwar auch jene durch starke Säuren und Alkalien den Federn entziehen lassen, ist hinreichend bekannt, aber man erhält auf diesem Wege nicht die präformirten Farbstoffe, sondern Zersetzungsproducte derselben, welche uns hier nicht interessiren können. Aus den, tagelang mit Trypsin behandelten gelbrothen Kopffedern von Callispiza auricenita nahm siedender Alkohol etwas Farbstoff auf; die erhaltene geringe Farbstoffmenge erlaubte aber keinen Schluß, ob Zoonerythrin oder das später zu besprechende Zoofulvin sich in Lösung befand[1]).

[1]) Der rothe Farbstoff der Kruster ist bekanntlich durch siedenden Alkohol aus den Geweben leicht zu extrahiren. Dasselbe Verhalten hoffte

Bogdanow wies darauf hin, daß das schwarze Pigment der Federn, welches er Zoomelanin nennt, sehr wahrscheinlich identisch sei mit dem Melanin der Chorioïdea. Daß das als Rhodophan durch *Kühne*'s Arbeit[1]) genau bekannt gewordene lichtbeständige rothe Pigment der Vogelretina jedoch nicht mit dem Zoonerythrin identisch ist, ergibt sich allein schon daraus, daß

---

ich bei dem rothen Farbstoffe in den Flügeldecken mancher Käfer anzutreffen. Herrn *Heine* in Leipzig verdanke ich mehrere zu den beabsichtigten Versuchen sehr geeignet erscheinende Arten wie z. B. verschiedene rothe Elateriden (Ampedus pomorum u. A.), Cerambyx Kœhleri, Trichodes u. s. w. Durch kochenden reinen oder angesäuerten Alkohol, durch Aether, Chloroform, Benzin etc. vermochte ich den Elytren das rothe Pigment nicht zu entziehen; auch dann nicht, wenn ich die Flügeldecken, fein zerschnitten, tagelang mit Trypsin- und Pepsinlösungen bei 38—40° C. digerirt hatte. Mittelst concentrirter Essigsäure, durch welche andere Untersucher den rothen Farbstoff aus den Flügeldecken von Käfern in Lösung erhalten haben wollen, gelang mir die Extraction des Farbstoffes ebenfalls nicht. Heiße Salzsäure nahm zwar das rothe Pigment aus den Ampedus-Elytren, von welchen mir allein ein größeres Material zur Verfügung stand, auf und färbte sich damit orangeroth; sehr bald wurde der Farbstoff aber zersetzt und die Salzsäure färbte sich dunkelbraun. Durch Schütteln mit Chloroform oder Aether war der gefärbten sauren Flüssigkeit kein färbender Stoff zu entziehen; das Chloroform und der Aether blieben dabei vollkommen ungefärbt. Beim Neutralisiren der Säure durch Natronlauge oder Ammoniak schied sich der rothe Körper aus der Salzsäure nicht ab; die Farbe der Flüssigkeit wurde durch den Alkalizusatz nur vertieft, fast blutroth. Da der rothe Farbstoff auch in den, mit Salzsäure durchfeuchteten Flügeldecken viel heller als für gewöhnlich erscheint, so erklärt sich, daß die, in der Salzsäure nur theilweise ihres Pigmentes beraubten Flügeldecken nach dem Neutralisiren der Säure wieder eine lebhaftere rothe Farbe annehmen. Auch in kalte Salzsäure geht der Farbstoff aus den rothen Flügeldecken der Elateriden über, doch da der Uebergang in diesem Falle ein sehr allmäliger ist, und der Farbstoff von der Salzsäure rasch weiter in humusartige Stoffe verwandelt wird, so erhält man aus den Elytren bei Behandlung mit kalter Salzsäure entweder nur eine sehr schwach orangegelb gefärbte oder eine bräunliche Lösung.

[1]) *Kühne, W.*, Ueber lichtbeständige Farben der Netzhaut. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. Heft 4. S. 341—369.

die verschiedenartigsten Lösungen des Zooerythrins kein Absorptionsspectrum zeigen, und daß der verseifte Farbstoff durch Alkohol, Aether, Chloroform etc. leicht wieder zu lösen ist. Auch mit dem höchst wahrscheinlich rothbraunen Farbstoffe, von dem nach *Liebermann*[1]) das Streifenspectrum, welches die alkoholische Lösung der Farbstoffe verschiedener Vogeleierschalen aufweist, herzurühren scheint, ist das Zooerythrin zweifellos nicht identisch.

Selbst noch bei den Vögeln sehen wir also in verschiedenen Organen rothe Farbstoffe abgelagert oder gebildet werden, deren verschieden chemisches Verhalten sich mit Bestimmtheit nachweisen läßt. Voraussichtlich wird sich sogar, wenn die Untersuchungen weiter ausgedehnt sein werden, als höchst interessante Thatsache ergeben, daß, obgleich die Federn wie die Galle, das Blut und die Retina sehr verschiedener Vogelarten ihr Roth je ein und demselben oder wenigstens chemisch ungemein nahe verwandten Farbstoffen verdanken, das rothe Pigment der Federn ein und desselben Vogels doch durchgängig ein anderes ist als das seiner Retina, und daß dieses sich wieder vom Hämoglobin, den Gallenfarbstoffen und von dem eigenthümlichen, wahrscheinlich rothbraunen Körper in den Eierschalen unterscheidet.

Zoofulvin.

Specielle Mittheilungen darüber, daß sich aus bestimmten gelben Federn ein eigenthümlicher Farbstoff (Zoofulvin) wie aus rothen ohne Zersetzung extrahiren lasse, sind mir nicht bekannt geworden. *Bogdanow* sagt zwar in einer Abhandlung[2]), der gelbe Farbstoff (Zooxanthin) der Vogelfedern sei wie das Zooerythrin in kochendem Alkohol und Aether löslich. Da aber in einer gleichaltrigen Arbeit[3]) von ihm als Zooxanthin ein brauner Feder-

[1]) *Liebermann, C.*, Ueber die Färbungen der Vogeleierschalen. Ber. d. d. chem. Gesellsch. XI. Jahrg. 1878. S. 606—610.

[2]) *Bogdanow, A.*, Die Farbstoffe in den Federn. l. c.

[3]) *Bogdanow, A.*, Études sur les causes etc. l. c.

farbstoff bezeichnet wird, und er ein Jahr früher[1]) ausdrücklich hervorgehoben hat: „Mit Essigsäure erhält man aus den Federn von Oriolus galbula eine braune Lösung; aber diese Flüssigkeit entfärbt sich sogleich, und ich habe bis jetzt das Zoofulvin nicht isoliren können", so scheint mir die Abweichung seiner deutschen Mittheilung von seinen, in französischer Sprache verfaßten Schriften zweifellos nur auf einer unrichtigen Uebersetzung zu beruhen.

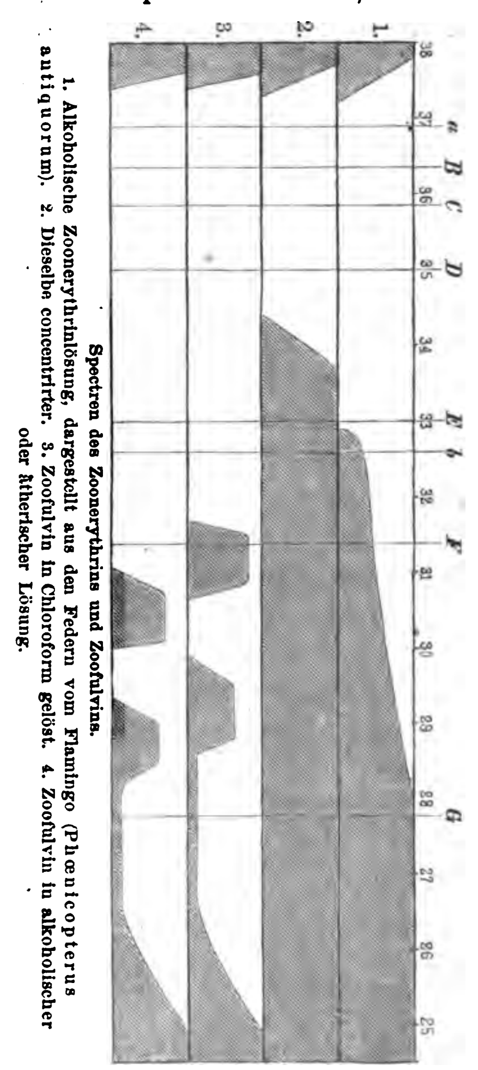
Ich begann meine Untersuchungen über den Farbstoff rein gelber Federn an den Bauch- und Bürzelfedern von Euphone nigricollis. Beim Auskochen mit absolutem Alkohol wurde der Farbstoff den möglichst fein zerschnittenen Federn ziemlich vollständig entzogen, merkwürdigerweise aber ohne vom Alkohol aufgenommen zu werden; gleich einer Fettschicht auf Wasser, schwamm der gelbe Farbstoff auf dem siedenden Alkohol[2]). Der Farbstoff, welcher sich auf dem Alkohol ansammelte, ist das Zoofulvin. Chloroform löste das Pigment außerordentlich leicht; mittelst eines Heliostaten bei Sonnenlicht spectroskopisch untersucht, zeigte die Chloroformlösung das auf beistehendem Holzschnitte als 4 bezeichnete Absorptionsspectrum. Nach dem Verdampfen des Chloroforms blieb der Farbstoff unzersetzt zurück und löste sich jetzt auch leicht in Alkohol; außerdem erwies er sich als leicht löslich in Aether und als unlöslich in Wasser. Die Spectren der alkoholischen und ätherischen Zoofulvin-Lösungen (s. Spectr. 3 auf umsteh. Holzschnitte) sind identisch; davon verschieden ist aber das der Lösung dieses Farbstoffes in Chloroform. Wird die alkoholische Zoofulvinlösung zur Trockne ver-

---

[1]) *Bogdanow, A.*, Note sur le pigment rouge des plumes du Calurus auriceps. Compt. rend. T. 45. 1857. p. 688—690.

[2]) Es sei daran erinnert, daß, wenn man Eieröl mit Weingeist erhitzt und den Auszug erkalten lässt, sich das Gelb ebenfalls mit dem Oleïn und Cholesterin abscheidet *(Gobley)*.

dampft und der Rückstand abermals in Chloroform gelöst, so erscheint Spectrum 4 wieder; daraus ergibt sich, daß dem Zoofulvin in verschiedenen Lösungsmitteln ein verschiedenes Spectrum zukommt.



Spectren des Zoonerythrins und Zoofulvins.
1. Alkoholische Zoonerythrinlösung, dargestellt aus den Federn vom Flamingo (Phœnicopterus antiquorum). 2. Dieselbe concentrirter. 3. Zoofulvin in Chloroform gelöst. 4. Zoofulvin in alkoholischer oder ätherischer Lösung.

Aus den Federn der Goldamsel (Oriolus galbula), welche, wie ich bereits erwähnte, schon *Bogdanow* zu entfärben versuchte, konnte auch ich durch anhaltendes Auskochen mit absolutem Alkohol nur eine äußerst schwach gelbgrün gefärbte Flüssigkeit gewinnen; vollständig wurde jedoch diesen Federn der Farbstoff durch siedenden Alkohol entzogen, als sie, fein zerschnitten, einige Tage der Einwirkung von Trypsin ausgesetzt gewesen waren. Das Spectrum der Farbstofflösung war genau dasselbe wie das der zuvor aus den Euphone-Federn erhaltenen und verschieden nach dem Lösungsmittel; das Pigment war Zoofulvin. Spectroskopisch ganz dieselben Farbstofflösungen erhielt ich ferner aus den Federn des Canarienvogels (Fringilla

canaria); diesen ließ sich, in möglichst fein zerschnittenem Zustande, das Zoofulvin schon durch Auskochen mit Alkohol zum größten Theil entziehen, und nachdem Trypsin einige Tage auf die Federn eingewirkt hatte, ging sämmtlicher Farbstoff aus den Federn leicht in Alkohol wie in Aether über.

Sehr fest war das gelbe Pigment in den Federn einer Papageienart (Aprormictus melanurus) gebunden; nach mehrtägiger Behandlung der Federn mit kräftigen Trypsin- und Pepsinlösungen gelang die Extraction nur unvollkommen; das spectroskopische Verhalten der aus diesen Federn gewonnenen Farbstofflösung läßt aber keinen Zweifel, daß auch dieser Papagei die gelbe Färbung seines Gefieders dem Zoofulvin, und wie ich annehmen muß, diesem ausschließlich verdankt.

Die gelben Brustfedern von Certhiola mexicana und Chlorophanes atricapilla sind gleichfalls durch Zoofulvin gefärbt, welches ich den Federn nach dem Verdauen durch siedenden Alkohol und Aether entziehen konnte. Höchst wahrscheinlich enthalten selbst die grünen Federn von Chlorophanes atricapilla ausschließlich Zoofulvin, und ihre grüne Färbung ist nur die Folge davon, daß sich dem Zoofulvin eine sog. optische blaue Farbe, verursacht durch die Textur der Federn und nicht durch einen chemisch isolirbaren Farbstoff, hinzugesellt.

Ueber das chemische Verhalten des Zoofulvins stellte ich noch Folgendes fest: Bei längerem Erwärmen mit verdünnter Natronlauge wird das Zoofulvin leicht zersetzt; es gelang mir deshalb nicht, den Farbstoff durch Verseifen zu reinigen. Das Zoofulvin bleibt in der Seife und läßt sich dieser durch Alkohol, Chloroform, Aether etc. vollständig entziehen, aber die erhaltene Farbstofflösung war, weil eine große Menge von Zoofulvin bei dem Vorgange zerstört worden war, selbst für eine spectroskopische Untersuchung stets zu schwach gefärbt. Beim Erhitzen

mit verdünnten Lösungen anorganischer Säuren (Salz-, Salpeter- und Schwefelsäure) oder mit Essigsäure entfärbt sich das Zoofulvin; kalte concentrirte Schwefelsäure färbt es indigblau, kalte Salpetersäure zerstört es, und durch kalte concentrirte Natronlauge nimmt es oft eine Orangefärbung an; es verhält sich demnach diesen Reagentien gegenüber dem Zooerythrin sehr ähnlich. Aber das Zoofulvin ist viel lichtbeständiger als das Zooerythrin. Auf weißen Porzellantäfelchen in feiner Vertheilung dem directen Sonnenlichte ausgesetzt, war sogar nach mehreren Tagen kein Farbenunterschied zwischen den belichtet gewesenen und unbelichtet gelassenen Partien wahrzunehmen. Die Färbung der Federn durch Zoofulvin wie durch Zooerythrin ist, soviel ich beobachtete, allgemein eine diffuse.

Bei Vergleich des Spectrums der alkoholischen oder ätherischen Zoofulvinlösung mit dem, von *Kühne*[1]) dargestellten Spectrum des fettfreien in Aether gelösten Eigelb muß es sehr wahrscheinlich werden, daß beide Farbstoffe, so verschieden ihr Vorkommen auch ist, mit einander identisch sind. Ich hoffe meine Untersuchungen über das Zoofulvin an einem größeren Materiale, als es mir bis jetzt zur Verfügung gestanden hat, bald fortsetzen zu können, und werde dabei diese Frage ganz besonders berücksichtigen. Die Spectren des Xanthophans und Chlorophans weichen dagegen von denen des Zoofulvins bemerkenswerth ab.

Meine Versuche, aus grünen Federn eine grüne, aus blauen eine blaue, aus violetten eine violette Farbstofflösung zu erhalten, sind stets erfolglos gewesen; doch werden wohl für die grünen Federn befriedigendere Ergebnisse von fortgesetzten Untersuchungen zu erwarten sein. *Bogdanow* scheint völlig Recht zu haben, wenn er sagt: „Die blauen, auch die tiefblauen Farben der Federn sind nur optische, d. h. die Farbe verliert sich, wenn man die Federn unter durchfallendem Lichte beobachtet."

[1]) *Kühne, W.*, l. c. Taf. IV. Spectr. 8.

Es ist nothwendig, die Untersuchungen über die Farbstoffe der Federn auf eine viel größere Anzahl von Vogelarten auszudehnen, als es bislang geschehen konnte. Auch an dieser Stelle möchte ich deshalb die Herren Directoren der Zoologischen Gärten und Museen sowie die Herren Ornithologen im Speciellen höflichst gebeten haben, mich bei meinen Arbeiten mit geeignetem Materiale, welches für andere Zwecke weniger brauchbar und weniger werthvoll ist, gütigst zu unterstützen.

Tafel III

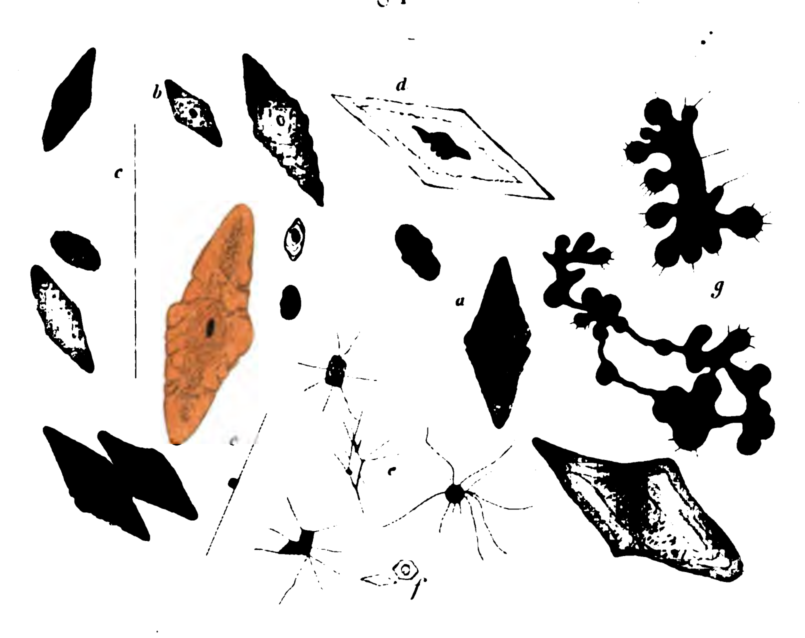
stellt die im Text erörterten Spectren dar, deren Bedeutung durch die Bezeichnungen auf der Tafel erklärt wird.



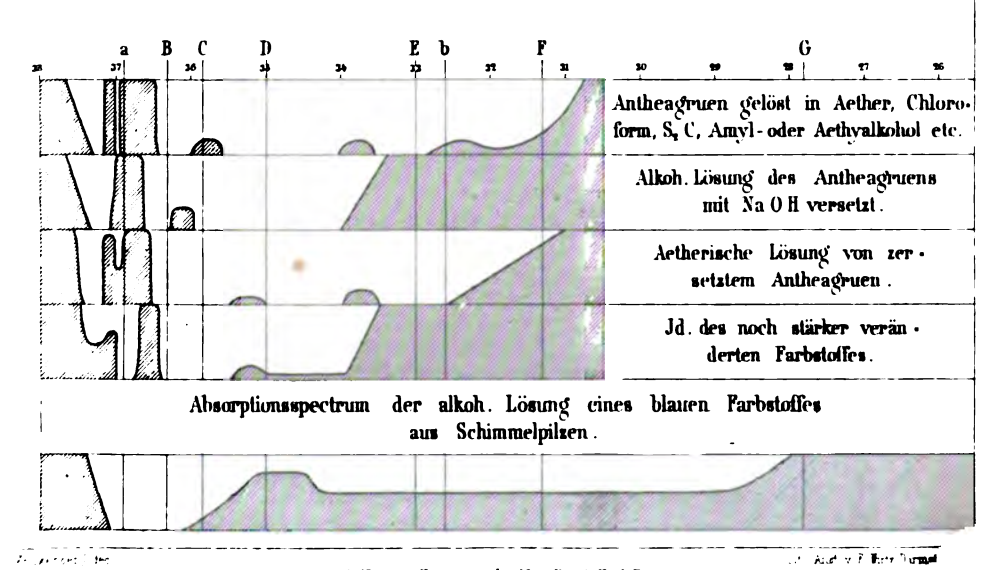
Inhalt der fünften Abtheilung.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

Formen des Cornikrystallins und seiner Zersetzungsproducte.



Absorptionsspectren.



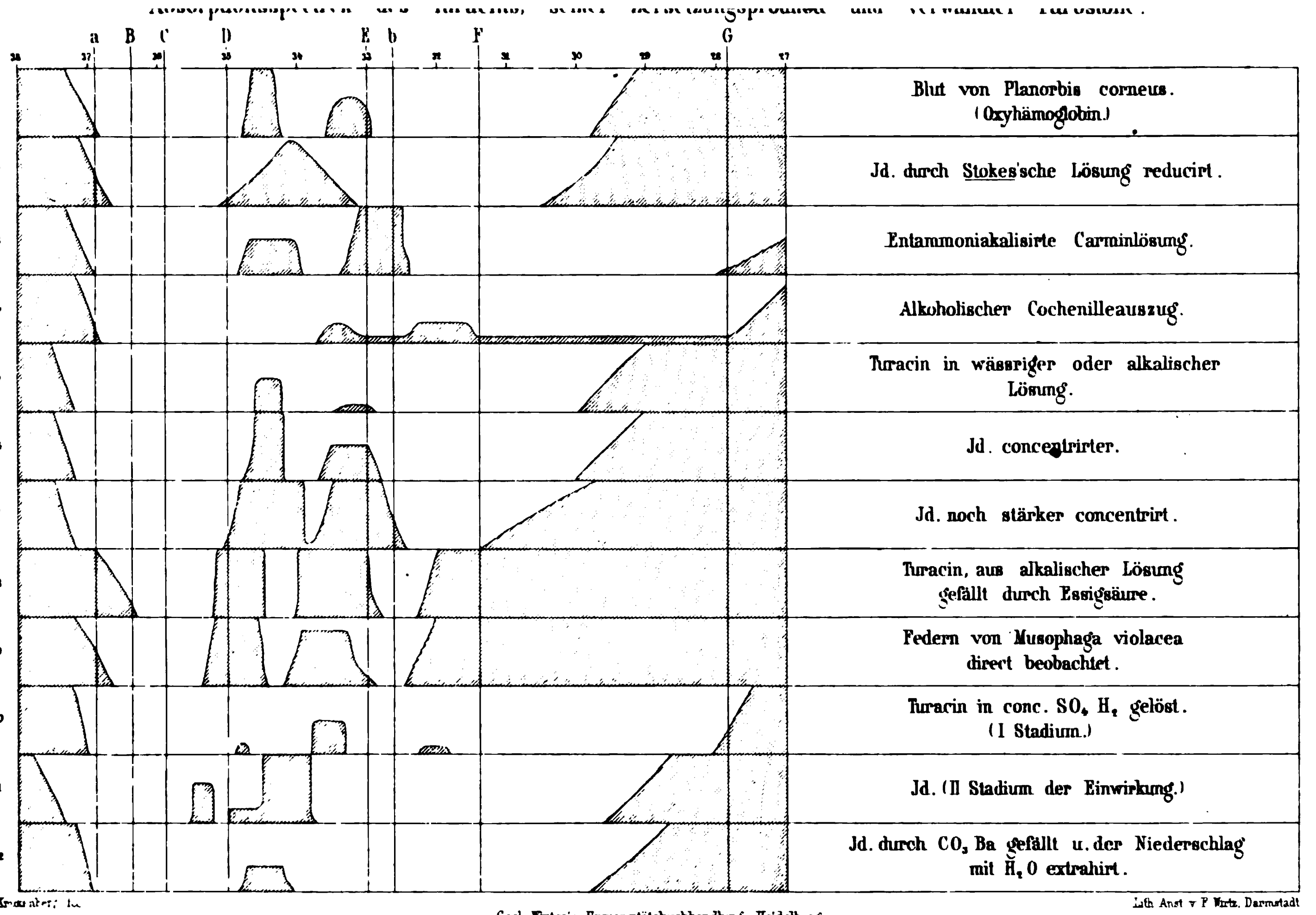
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.

Der Verdauungstractus mit seinen Druesen
von
Doriopsis limbata (Cuv.)



ller ad nat. del. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

C. Winter's Universitätsbuhhandlung, Heidelberg.


a
B
C
D
E
b
F
G
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
Blut von Planorbis corneus. (Oxyhämoglobin.)
Jd. durch Stokes'sche Lösung reducirt.
Entammoniakalisirte Carminlösung.
Alkoholischer Cochenilleauszug.
Turacin in wässriger oder alkalischer Lösung.
Jd. concentrirter.
Jd. noch stärker concentrirt.
Turacin, aus alkalischer Lösung gefällt durch Essigsäure.
Federn von Musophaga violacea direct beobachtet.
Turacin in conc. SO_4H_2 gelöst. (I Stadium.)
Jd. (II Stadium der Einwirkung.)
Jd. durch CO_3Ba gefällt u. der Niederschlag mit H_2O extrahirt.
Lith Anst v P Wirtz, Darmstadt
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.

